

Uso de Videojuegos Educativos, Caso de estudio: México

Dr. Francisco J. Álvarez Rodríguez
Universidad Autónoma de Aguascalientes
fjalvar@correo.uaa.mx

Resumen

Las matemáticas son una de las materias más relevantes en la formación intelectual de los estudiantes y su importancia se remonta a las civilizaciones antiguas. Sin embargo, su importancia es menospreciada y son dejadas de lado en la actualidad. Este fenómeno se presenta en México, donde el 55.7% de la población total de estudiantes de primaria de entre tercer y sexto grado en México poseen un nivel insuficiente a elemental de matemáticas, por lo que se detecta la necesidad de emplear nuevos mecanismos para complementar el aprendizaje en aula de los estudiantes. Este proyecto propone el uso de videojuegos para la enseñanza de matemáticas. La suite está compuesta una colección de videojuegos que abarcan las principales áreas problemáticas en la enseñanza de las matemáticas en México, mostrando una tendencia de mejora de los estudiantes mientras jugaban.

Introducción

1.1. Antecedentes generales y específicos

Parece natural que la mayoría de la población desconozca casi todo sobre las matemáticas y que la interacción con ellas se limite a las cuatro reglas básicas. Este distanciamiento contrasta con la importancia que las matemáticas tienen hoy y han tenido en las sociedades. Las matemáticas son empleadas en la vida cotidiana y en prácticamente todas las ramas del saber humano, y son necesarias para comprender y analizar la abundante información que se genera en el entorno.

Las matemáticas tienen, desde las civilizaciones antiguas, un papel relevante en la formación intelectual de la juventud. Las matemáticas son lógica, precisión, rigor, abstracción, formalización y belleza, y se espera que a través de esas cualidades se

alcancen la capacidad de discernir lo esencial de lo accesorio, el aprecio por la obra intelectualmente bella y la valoración del potencial de la ciencia. Todas las materias escolares deben contribuir al cultivo y desarrollo de la inteligencia, los sentimientos y la personalidad, pero a las matemáticas les corresponde un lugar destacado en la formación de la inteligencia (Martínón & Riera, 1999).

Desde 2003, México ha implementado el uso de tecnología para la educación dentro de las escuelas públicas y privadas en todos los niveles escolares, desde educación primaria hasta educación superior. Principalmente se ha implementado a través del uso de computadoras de escritorio con software especial que provee diversos recursos como referencias bibliográficas, video, audio, mapas, imágenes, actividades interactivas y material de otros programas educativos. Contenido de la Enciclopedia Encarta de Microsoft también han sido incluidos. (INEGI, 2009).

A pesar de todos estos esfuerzos, se ha encontrado a través de estudios como el ENLACE, el cual es una prueba que tiene como principal objetivo proporcionar información diagnóstica del grado en que los alumnos han adquirido los temas y contenidos de las asignaturas de Español, Matemáticas y Ciencias (Secretaría de Educación Pública, 2007), que los niveles de aprendizaje sobre las materias son muy bajos.

Los resultados de la prueba ENLACE han identificado claramente cuáles son los niveles de aprendizaje de los estudiantes de educación primaria en varias materias, tales como Español, Matemáticas y Ciencias (Secretaría de Educación Pública, 2012).

La prueba ENLACE fue aplicada a 8'141,643 estudiantes desde el tercer hasta el sexto grado de educación primaria en 2012, y los resultados obtenidos muestran el bajo impacto de los diferentes programas implementados por la Secretaría de Educación Pública y hace evidente los retos y las áreas de conocimiento en las cuales es importante

obtener avances inmediatos. Es importante mencionar que la prueba ENLACE tiene una cobertura del 100% de los estudiantes de educación básica en México.

La Tabla 1 muestra los resultados históricos de la prueba ENLACE en el área de matemáticas aplicada desde 2006 hasta 2012.

Tabla 1. Resultados de la prueba ENLACE (Secretaría de Educación Pública, 2012)

Año	Nivel de logro (%)				Alumnos
	Insuficiente	Elemental	Bueno	Excelente	
2006	21.0	61.4	16.0	1.6	7'506,255
2007	20.2	57.5	19.0	3.3	7'962,825
2008	22.8	49.5	23.0	4.7	8'108,694
2009	20.3	48.6	24.9	6.1	7'810,073
2010	19.7	46.4	25.8	8.1	8'323,728
2011	16.5	46.5	25.9	11.0	8'631,091
2012	13.0	42.7	27.1	17.3	8'141,643

1.2. Justificación

El aprendizaje no está limitado al tiempo que se pasa en la escuela. Éste inicia cuando se nace y continúa durante toda la vida (UNESCO, 2009). Francesco Tonucci argumenta que las experiencias más relevantes para el desarrollo personal en la niñez y la juventud son vividas fuera de la escuela. Una educación realmente significativa debería también estar cimentada sobre las experiencias informales de los estudiantes, las cuales ocurren antes o durante el tiempo que se pasa en la escuela (Vázquez Alonso & Manassero Mas, 2007). Los estudiantes adquieren fuera de la escuela una cultura experiencial, anecdótica, informal y relevante para el individuo, mientras la escuela promueve una cultura pública, sistemática, organizada y relevante para la sociedad, consecuencia de la reflexión y la travesía histórica de la humanidad.

El patrón actual, en el cual recibimos la educación al inicio de nuestras vidas, está cambiando. El “aprendizaje de toda la vida” se está convirtiendo en una parte importante de la vida moderna. Esto es debido a que los rápidos cambios tecnológicos y el crecimiento de la información requieren un aprendizaje “sobre la marcha”. (UNESCO, 2009)

En el contexto moderno, los individuos se desenvuelven en un ambiente fuertemente influenciado y configurado por la presencia de diversos entornos artificiales. Las posibilidades cotidianas de que los estudiantes tengan fuera del aula escolar experiencias significativas y relevantes, fuentes inagotables de ideas previas, son muy intensas e importantes, haciendo que el aula de clases, que es una de las más importantes fuentes de conocimientos, ya no sea la fuente primordial de información para las personas (Vázquez Alonso & Manassero Mas, 2007). Las nuevas tecnologías pueden hacer posible lo que no lo era antes. Las computadoras y los dispositivos electrónicos, desde un teléfono móvil hasta un videojuego portátil, se encuentran fuertemente implantados en la vida cotidiana de las personas y son usados de muy distintas maneras para afrontar y solucionar los problemas diarios.

El paradigma tradicional de enseñanza, donde la educación formal e informal son consideradas como mutuamente excluyentes, debe ser cambiado y convertido en un nuevo paradigma de aprendizaje donde las fronteras entre la educación formal e informal desaparecen para así alcanzar un aprendizaje significativo y relevante.

Existe la necesidad de integrar mecanismos más eficientes en los ambientes informales para los estudiantes e incrementar las oportunidades de aprendizaje más allá del aula de clases. Los mecanismos con gran potencial para alcanzar esto son los videojuegos.

Se ha observado en muchos estudios, como (Barajas Saavedra & Álvarez Rodríguez, Mathematics Game e-Library for Elementary School, Study Case: Mexico, 2012) (Virvou, Katsionis, & Manos, 2005), que el fenómeno de los videojuegos puede ser utilizado en provecho del proceso de aprendizaje, debido a que los videojuegos son muy atractivos para los niños y jóvenes, y su uso como herramienta de enseñanza es viable.

Por otra parte, el rápido crecimiento de las tecnologías móviles ha resultado en el aprendizaje móvil que ha sido gradualmente considerado como una forma novedosa y efectiva de aprendizaje debido a que hereda todas las ventajas del e-Learning así como superar las limitaciones del tiempo y el espacio del aprendizaje que ocurre en el aula de clases tradicional (Chen & Hsu, 2008).

Así, la intersección entre la educación, los videojuegos y los dispositivos móviles resulta en un nicho que es capaz de generar una mejora en el aprendizaje en México.

Estos videojuegos deben cumplir con las siguientes especificaciones. Estas especificaciones han sido creadas con base en el estudio del estado del arte de los videojuegos, las características de la población mexicana, y los resultados iniciales de las pruebas de los videojuegos piloto con estudiantes.

1. Cortos y enfocados en una sola competencia, para habilitar a los estudiantes a enfocarse en un tema en particular a la vez;
2. Interfaz de usuario gráfica simple y evaluada pedagógicamente;
3. Casos con razonamiento formal;
4. Casos generados aleatoriamente para prevenir que el estudiante memorice las respuestas a los problemas;
5. Contenido retador y generador de competitividad entre los estudiantes que usen el videojuego; es decir, caos con diferentes niveles de dificultad;
6. Desarrollo multiplataforma.

2. Caso de estudio

Para el desarrollo de los videojuegos se han identificado, a través del estudio de los libros de texto distribuidos por la Secretaría de Educación Pública – SEP (estos libros son desarrollados apegados a las reformas educativas, que hoy en día contemplan competencias), un conjunto de competencias para el aprendizaje de matemáticas cubriendo todos los temas para sexto grado de primaria.

La Tabla 2 muestra las competencias identificadas y las áreas de conocimiento que cubren de acuerdo con lo analizado a partir de los libros de texto.

Tabla 2. Competencias y áreas de conocimiento específicas.

Competencias	Área de conocimiento	Descripción
Los números, sus relaciones y operaciones	Operaciones	Utilizar operaciones básicas para llegar a un objetivo determinado
	Sistema decimal	Resolver operaciones mentalmente y determinar la prioridad de las mismas
	Fracciones	Operaciones y uso del punto decimal
Geometría	Figuras planas y los polígonos	En relación a una unidad determinar que fracción corresponde a ciertos cuestionamientos.
	Manipulación de cuerpos geométricos	Relacionar la figura que aparecen con su nombre.
	Plano Cartesiano	Creación de nuevas figuras a partir de puntos u otras figuras básicas.
Medidas y conversiones	Longitudes	Encontrar un objetivo a partir del movimiento dentro de un plano.
	Peso/masa	Aplicación y comparación de las unidades de medida de longitud.

	Perímetros	Aplicación y comparación de las unidades de medida de peso/masa.
	Áreas	Determinar el perímetro de figuras a partir de sus dimensiones.
	Tiempo	Determinar el área de ciertas figuras en base a sus dimensiones.
	Longitudes	Aplicación y comparación de las unidades de medida de tiempo.
Tratamiento de la información	Representación gráfica de resultados	Creación de tablas y diagramas para interpretación de información.
Procesos de cambio	Patrones	Proporcionalidades equivalentes
	Valores de unidad	Encontrar un objetivo a partir de ciertas indicaciones.
	Producto cruzado	Aplicación de operaciones mediante el uso de la regla de tres.
	Porcentajes	Obtención de porcentajes a partir de ciertos parámetros.
La predicción y el azar	Combinaciones	Resolución de problemas de conteo y utilización del diagrama de árbol.
	Probabilidades	Aplicación de operaciones mediante juegos de azar.

Con base en estas competencias, se han desarrollado un conjunto de 25 videojuegos, los cuales incluyen conjuntos de mini juegos, obteniendo a su vez 35 videojuegos y mini juegos. En la Tabla 3 se muestran los videojuegos desarrollados hasta la fecha, las competencias que cubren, las áreas de conocimiento que abarcan, el lenguaje de desarrollo y los dispositivos objetivo para los cuales fueron desarrollados.

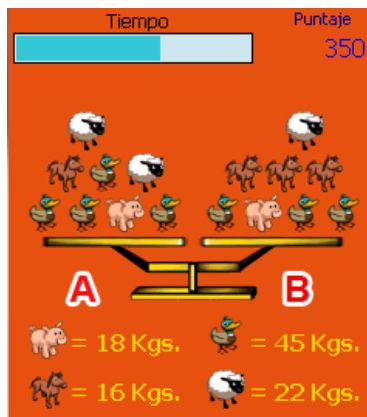
Tabla 3. Videojuegos desarrollados.

Videojuego	Competencias	Área de conocimiento	de Lenguaje	Dispositivos objetivo
pokeMath	Los números, relaciones y operaciones	Operaciones y	Java ME	Teléfonos móviles
MathChallenge	Los números, relaciones y operaciones Medidas y conversiones	Operaciones y Peso/Masa	.NET	PDA con Windows Mobile
DS3A	Los números, relaciones y operaciones	Operaciones y	Java ME	Teléfonos móviles
SpaceMath	Los números, relaciones y operaciones	Operaciones y	Flash	iPhone, iPad, PC
Fracciones	Los números, relaciones y operaciones	Fracciones y	Java ME	Teléfonos móviles
GeoBodies	Geometría	Figuras planas y los polígonos	Java ME	Teléfonos móviles
CubeLand	Geometría	Manipulación de cuerpos geométricos	OpenGL	Varios
Submarino	Geometría	Plano cartesiano	Java ME	Teléfonos móviles
GolfMeter	Medidas y conversiones	Longitudes y	Java ME	Teléfonos móviles
miHuerta	Medidas y conversiones	Volumen y	Java ME	Teléfonos móviles

Áreas	Medidas y conversiones	y Áreas	Java ME	Teléfonos móviles
Ubicación	Procesos de cambio	Valores de unidad	Java ME	Teléfonos móviles
Regla de Tres	Procesos de cambio	Producto cruzado	Java ME	Teléfonos móviles
Kaxan	Procesos de cambio	Porcentajes	Java ME	Teléfonos móviles
WWE	La predicción y el azar	Probabilidades	Java ME	Teléfonos móviles
Marcianos	Geometría	Figuras planas y los polígonos	Android	Dispositivos Android
Time Rider	Medidas y conversiones	y Tiempo	Java ME/Android	Varios
Time Champ	Medidas y conversiones	y Tiempo	Java ME/Android	Varios
Jinete Solitario	Medidas y conversiones	y Longitudes	Java ME/Android	Varios
Perimeters	Medidas y conversiones	y Perímetros	Java ME/Android	Varios
Softy	La predicción y el azar	Combinaciones	Java ME/Android	Varios
MathFractions	Los números, relaciones y operaciones	sus Fracciones y	Java ME/Android	Varios
X Thor	La predicción y el azar	Probabilidades	PC	Varios
X Osiris	Procesos de cambio	Patrones	PC	Varios

Como se ve en la tabla mencionada, los videojuegos han sido desarrollados para ser usado en múltiples plataformas y dispositivos. Los videojuegos construidos sobre Java ME están intencionados para cubrir los dispositivos móviles de baja especificación; los videojuegos en .Net cubren a los estudiantes que cuentan con PDA con Windows Mobile; los juegos en Flash están construidos para para ser usados en plataformas como iPhone, iPad, PC, Mac,

Internet, y algunos dispositivos habilitados para la reproducción de contenidos Flash; los videojuegos contruidos sobre OpenGL pueden ser distribuidos a plataformas como Windows, Mac, iOS y en algunos casos a Android; y los juegos contruidos para Android con herramientas como AndEngine para OpenGL pueden ser insertados en cualquier dispositivo que cuente con dicho sistema operativo. A continuación en la Fig. 1 se pueden ver algunas impresiones de pantallas de un subconjunto de los videojuegos.



(a)



(b)

Fig. 1. Capturas de pantalla de un videojuego sobre (a) .Net y (b) Flash.

El proceso de desarrollo empelado para crear todos los videojuegos posee las siguientes etapas y actividades:

- Storyboard. Es esta etapa se desarrolla la *creación conceptual y detallada* del videojuego, así como la *musicalización*. Los sketches son revisados y son pasados a la siguiente fase.
- Arte. La fase de arte, los *sketches iniciales* (personajes, ambientes y objetos) *son completados* y entonces se lleva a cabo un proceso de mejora de los elementos diseñados.
- Digitalización. Esta etapa se encarga de la *creación de los personajes, ambientes y objetos* en herramientas de diseño gráfico. También se encarga de *digitalizar sonidos y música*.
- Programación. La etapa de programación *crea o reúsa* los motores gráficos para *secuencias, animaciones, física, etc.*; los *layouts* para los escenarios en 3D y lleva a cabo la *integración* de los *menús* del videojuego y las *bases de datos*.
- Pruebas. Esta etapa es responsable por llevar a cabo la *recolección de opiniones del mercado acerca del producto*, conseguir estadísticas de *efectividad y eficiencia del producto*, y realizar *mantenimientos preventivos*.

Después de la producción inicial de los videojuegos, se procedió a probar los videojuegos con un grupo de estudiantes de sexto año de primaria de la institución “Escuela Primaria Federal Rural Cuauhtémoc” (ver Fig. 2) localizada en la comunidad de “La Paz Ojuelos de Jalisco” en el estado de Jalisco, con el fin de estudiar el impacto en el nivel de aprendizaje de los estudiantes expuestos al uso de videojuegos.



Fig. 2. Federal Rural Cuauhtémoc Elementary School students.

El proceso empleado para realizar la prueba fue el siguiente:

- Se identificaron las escuelas potenciales.
- Las pruebas fueron diseñadas para llevar a cabo una evaluación inicial y una evaluación de control. Las pruebas se crearon para evaluar el nivel de conocimiento de los estudiantes en las áreas de conocimiento de *Áreas, Manipulación de cuerpos geométricos, Fracciones, Figuras planas y los polígonos, y Producto cruzado*.
- La escuela objetivo fue seleccionada.
- El grupo de estudiantes fue seleccionado. El grupo fue dividido en dos partes; tomando en cuenta que en ambos subgrupos el promedio de calificaciones en matemáticas estuviera distribuido uniformemente.
- La evaluación inicial fue aplicada a los estudiantes.
- El grupo de prueba usó los videojuegos en sesiones de una hora dos veces por semana durante cuatro semanas.
- Al final de las ocho sesiones, se aplicó la evaluación de control para identificar el impacto de los videojuegos tras su uso.

La Fig. 3 muestra los resultados obtenidos en las diferentes áreas de conocimiento puesta a prueba. Las líneas de diamantes muestran el resultado obtenido en la evaluación inicial, y la línea de cuadros muestra los resultados obtenidos en la evaluación de control. Se observa que en tres áreas hubo una mejora importante en el nivel de conocimiento, en el área de *Fracciones* hubo una mejora ligera, y en el área de *Producto cruzado* hubo un retroceso.

La mejora en las áreas de *Manipulación de cuerpos geométricos, Áreas y Figuras planas y los polígonos* muestra que el uso de los videojuegos ayuda a mejorar el nivel de conocimiento de los estudiantes que los usan.

Las áreas de *Producto cruzado* y *Fracciones* muestran un comportamiento importante, el cual se explica a continuación.

En el caso de *Fracciones*, el personal responsable de realizar las pruebas observó que el diseño gráfico del videojuego fue poco atractivo para los estudiantes, resultando en poco interés en usar el videojuego por parte de los estudiantes.

El área de *Producto cruzado* presentó una condición diferente. El problema presentado por el videojuego fue que los casos de los problemas no se generaban aleatoriamente, entonces los estudiantes memorizaron las respuestas a las preguntas, dejando de lado el razonamiento formal necesario para contestar dichos problemas.

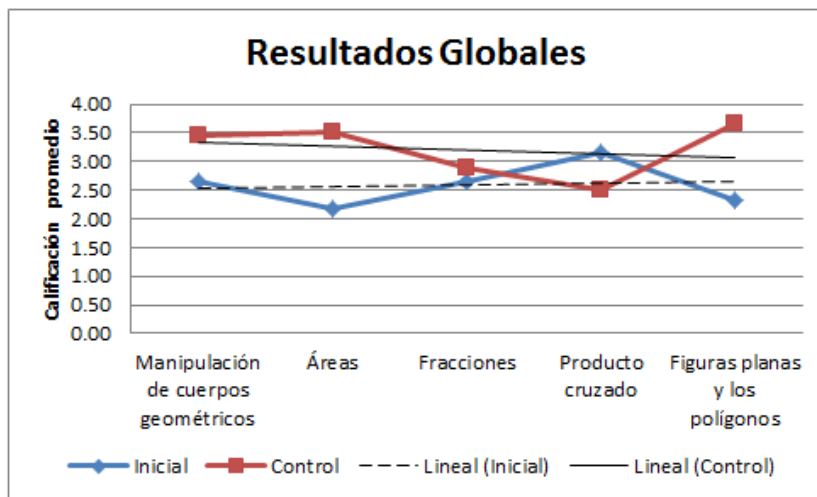
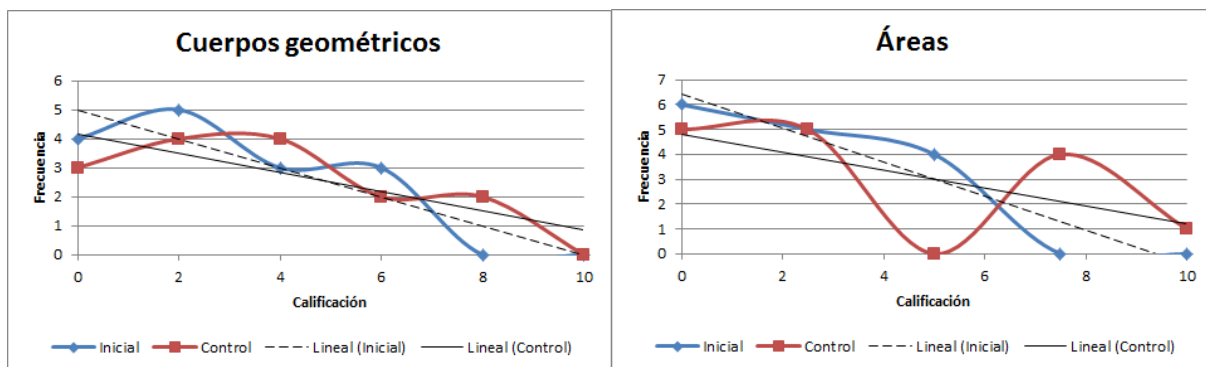


Fig. 3. Resultados globales de la prueba.

La Fig. 4 muestra el comportamiento de las calificaciones obtenidas en las diferentes áreas puestas a prueba.



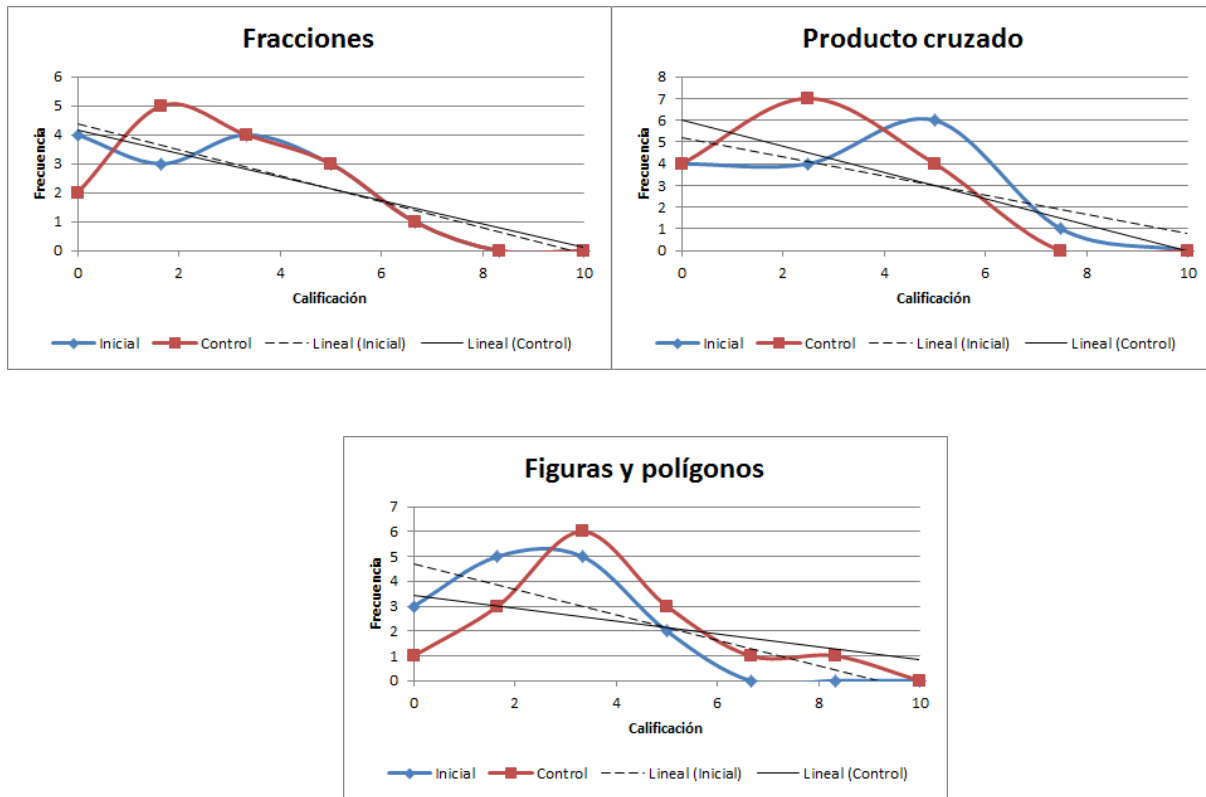


Fig. 4. Calificaciones obtenidas por cada area de conocimiento. Las figuras muestran las líneas de tendencia para la evaluación inicial (línea punteada) y la evaluación de control (línea sólida).

Conclusión

Este estudio se ha enfocado en el desarrollo de un conjunto de videojuegos. El proceso usado para producir los recursos integra aspectos de ingeniería de software y pedagogía para asegurar que la usabilidad y funcionalidad de los productos sea la adecuada para los estudiantes.

Los resultados obtenidos muestran que los videojuegos son un recurso viable para el aprendizaje de matemáticas en las escuelas primaria, ya que los estudiantes se ven muy atraídos hacia estos recursos digitales. De igual manera, se observó que el uso de los videojuegos incrementa el nivel de aprendizaje de los estudiantes de forma importante en

un periodo de tiempo corto, por lo que se puede establecer que el uso continuo y prologado mejoraría drásticamente los niveles de aprendizaje.

Más aún, se puede establecer, con base en la observación de los niños durante las pruebas, que los videojuegos son un mecanismo altamente eficiente para el aprendizaje, ya que los estudiantes están acostumbrados al uso de la tecnología y, dependiendo del diseño del videojuego, pueden pasar largos periodos de tiempo concentrados en el juego por lo que la absorción del conocimiento sería mayor.

La aplicación de las pruebas mostró que el diseño de los videojuegos es muy importante debido a que éste determinará el nivel de interés de los estudiantes, y el mejoramiento del conocimiento a su vez. En este estudio se observó que algunas características de los videojuegos desarrollados no habían sido identificadas en su totalidad, por lo que ahora, tras el desarrollo y las pruebas, se han podido identificar todas las características que debe poseer un videojuego educativo. Algunas de dichas características son: (1) los videojuegos deben contener razonamiento formal matemático, (2) los videojuegos deben contener niveles o temáticas que exijan que los niños se esfuercen, (3) el número de situaciones deben ser muy amplio o generado aleatoriamente para que los niños no memoricen las respuestas a las preguntas.

Bibliografía

1. Barajas Saavedra, A., & Álvarez Rodríguez, F. J. (2012). Mathematics Game e-Library for Elementary School, Study Case: Mexico. Proceedings of the SPDECE-2012. Ninth multidisciplinary symposium on the design and evaluation of digital content for education, 123-134.
2. Chen, C.-M., & Hsu, S.-H. (2008). Personalized Intelligent Mobile Learning System for Supporting Effective English Learning. Journal of Educational Technology & Society, 11(3), 153-180.

3. Chroust, G. (1996). What is a software process? *Journal of Systems Architecture*.
4. INEGI. (7 de Diciembre de 2009). Enciclomedia ¿Qué es? Recuperado el 7 de Diciembre de 2009, de Enciclomedia Una forma diferente de aprender y enseñar: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/ciberhabitat/escuela/enciclomedia/>
5. Martínón, A., & Riera, T. (3 de marzo de 1999). Importancia de las Matemáticas. Recuperado el 19 de marzo de 2009, de DivulgaMAT: <http://divulgamat.ehu.es/weborriak/publicacionesdiv/medios/elpaisNDet.asp?Id=218>
6. Oktaba, H., & Iburgüengoitia González, G. (1998). Software Process Modeled with Objects: Static View. *Computación y Sistemas*, 1(4).
7. Pressman, R. S. (2006). *Software engineering: a practitioner's approach* (Sexta ed.). McGraw-Hill.
8. Secretaría de Educación Pública. (30 de Agosto de 2007). Portal ENLACE. Recuperado el 20 de Marzo de 2009, de ¿Qué es ENLACE?: <http://enlace2007.sep.gob.mx/content/blogsection/4/18/>
9. Secretaría de Educación Pública. (2012). Estadísticas ENLACE 2012. Recuperado el 25 de Octubre de 2012, de Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares Educación Básica: <http://www.enlace.sep.gob.mx/ba/>
10. Sommerville, I. (2005). *Software engineering* (Septima ed.). Pearson Education.
11. UNESCO. (15 de Septiembre de 2009). Non-Formal Education. Recuperado el 2 de Marzo de 2010, de ICT in Education: <http://www.unescobkk.org/education/ict/themes/non-formal-education/>
12. Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. A. (7 de Febrero de 2007). Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología. Recuperado el 2009 de Marzo de 20, de <http://redie.uabc.mx/vol9no1/contenido-vazquez3.html>
13. Velázquez Amador, C. E., Álvarez Rodríguez, F. J., Garza González, L., Sicilia, M. Á., Mora Tavarez, J. M., & Muñoz Arteaga, J. (Noviembre de 2011). Una Experiencias en el Desarrollo Masivo de Objetos de Aprendizaje Empleando Parámetros de Calidad y un Proceso de Gestión Bien Definido. *IEEE - Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 6(4), 155-163.

14. Virvou, M., Katsionis, G., & Manos, K. (2005). Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness. *Educational Technology & Society*, 8(2), 54-65.