



Impacto de los juegos serios en la fluidez matemática: Un estudio en Educación Primaria

The impact of serious games in mathematics fluency:
A study in Primary Education

-  Dr. Fernando Fraga-Varela. Profesor Interino, Departamento de Pedagogía y Didáctica, Universidade de Santiago de Compostela (España) (fernando.fraga@usc.es) (<https://orcid.org/0000-0002-2988-0465>)
-  Dra. Esther Vila-Couñago. Profesora Ayudante Doctora, Departamento de Pedagogía y Didáctica, Universidade de Santiago de Compostela (España) (esther.vila@usc.es) (<https://orcid.org/0000-0001-6407-463X>)
-  Dra. Esther Martínez-Piñeiro. Profesora Titular, Departamento de Pedagogía y Didáctica, Universidade de Santiago de Compostela (España) (esther.martinez@usc.es) (<https://orcid.org/0000-0002-6568-4787>)

RESUMEN

En estos últimos años ha habido una renovación del software educativo propiciada por la incorporación de diseños específicos basados en juegos serios. Los estudios previos sobre su uso no ofrecen datos concluyentes sobre el avance en el aprendizaje, tanto a nivel general como de contenidos específicos. El objetivo principal del presente trabajo es conocer el impacto del uso de juegos serios en las aulas de educación primaria, concretamente en la fluidez matemática del alumnado, atendiendo a variables de gamificación y experiencia docente. Se lleva a cabo un estudio cuasi-experimental con pretest-postest, sin grupo control y con varios grupos experimentales, en el que participan 284 estudiantes de primero a cuarto curso. Los resultados muestran una mejora significativa de la fluidez matemática con el uso de juegos serios en los distintos cursos y grupos-aula estudiados. La estrategia de gamificación promueve un progreso aún mayor respecto a las aulas en las que no se ha implementado. Se observa un tiempo de uso similar de los juegos serios por parte de profesores noveles y experimentados, con mejores resultados en fluidez matemática en el caso de los segundos. También se muestra la relación existente entre los resultados obtenidos y las calificaciones del alumnado. Las conclusiones señalan el potencial del uso de juegos serios diseñados específicamente para entornos escolares y cuestionan trabajos previos sobre las barreras generacionales en el profesorado.

ABSTRACT

In recent years there has been a renewal of educational software encouraged by the incorporation of specific designs based on serious games. Previous studies on their use do not provide conclusive data on the advancement in learning, both at a general level and in specific contents. The main objective of this work is to study the impact of the use of serious games in primary education classrooms, specifically on mathematics fluency, taking into account gamification variables and teaching experience. A quasi-experimental study was carried out with a pretest-posttest design, without a control group and with several experimental groups, involving 284 students from the first to the fourth grade. The results show a significant improvement in mathematics fluency with the use of serious games in the different grades and classroom groups studied. The gamification strategy promotes even greater progress over the classes where it has not been implemented. There is a similar time of use of serious games by both novice and experienced teachers, with better results in mathematics fluency in the case of the second group. It also shows the relationship between the results obtained and the school grades of the students. The findings point to the potential of using serious games designed specifically for school environments and challenge previous work on generational barriers in teachers.

PALABRAS CLAVE | KEYWORDS

Juegos serios, gamificación, educación primaria, educación matemática, docentes, rendimiento académico.
Serious games, gamification, primary education, mathematics education, teachers, academic performance.



1. Introducción y estado de la cuestión

En estos últimos años ha tenido lugar una renovación del software educativo gracias a la incorporación de diseños específicos basados en juegos serios. Se entiende por juego serio aquel en el que «la educación (en sus diversas formas) es el objetivo principal, en lugar del entretenimiento» (Michael & Chen, 2006: 17), centrándose en un contenido específico con independencia de la forma y estructura que se usa (Zagalo, 2010). Estas propuestas desarrollan una de las posibilidades de los juegos serios, pero no debemos de perder de vista la riqueza de todas las modalidades en las que se pueden clasificar, ya sea por su estructura lúdica, propósito o ámbito de aplicación (Alvarez & Djaouti, 2012; Romero-Rodríguez & Torres-Toukourmidis, 2018). El diseño de experiencias bajo esta perspectiva, con muchos paralelismos con el ámbito de los videojuegos, ofrece una nueva forma de trabajo para los docentes en los centros educativos. A este tipo de desarrollos hay que sumar la incorporación de propuestas que toman elementos de gamificación poniendo el foco en el terreno de la motivación (Pérez-Manzano & Almela-Baeza, 2018) y, aunque su implementación normalmente produce efectos positivos, es muy dependiente de los contextos de aplicación (Hamari et al., 2014).

Algunos estudios disponibles sobre el uso de juegos serios en las aulas evidencian mejoras en el aprendizaje (Clark et al., 2016; Wouters et al., 2013); o identifican progresos en la capacidad cognitiva de los estudiantes (Lamb et al., 2018). Esta situación tiene proyección en el currículo escolar (Carvalho et al., 2018). Pero también hay trabajos que, si bien reportan beneficios en el grado de participación e implicación del alumnado, no ofrecen datos concluyentes sobre el avance en el aprendizaje a nivel general (Chauhan, 2017; Fisher et al., 2020), ni en contenidos específicos (Boendermaker et al., 2017; Mellado et al., 2018). Por otra parte, aunque el profesorado no descarta emplearlos, las experiencias son muy puntuales (Del-Moral & Fernández, 2015). El trabajo de Kaufman (2013) da cuenta de una barrera generacional (no mayor de 35 años), ya que el profesorado que supera esta edad carece de experiencias positivas previas con este tipo de software (Marín-Díaz et al., 2019). Esta situación visibiliza una fuerte relación entre la actitud del profesorado hacia este tipo de software y su uso potencial en el aula (Stieler-Hunt & Jones, 2015).

En lo que todas las investigaciones disponibles coinciden es en el beneficio de los juegos serios para la actitud del alumnado, con notable impacto en el ámbito motivacional (Filella et al., 2017; Gómez-García et al., 2016). Este factor es un elemento a tener presente para valorar la incorporación de estos recursos en las aulas, sobre todo en ámbitos del currículum considerados críticos como lengua y matemáticas. Concretamente, el cálculo y su automatización siguen siendo uno de los grandes retos a trabajar en estos niveles (Baroody et al., 2009). No se trata de un contenido más: una mejora continua a lo largo de la escolarización obligatoria de estos aprendizajes funciona como una garantía que se proyecta en el trabajo escolar general (Duncan et al., 2007) y puede llegar a ser un buen predictor del aprendizaje en niveles superiores (Geary, 2011). Por lo que aquí se encuentra un potencial espacio de utilidad para el uso de juegos serios, que podría servir de facilitador de estos aprendizajes que requieren algún tipo de automatización.

Existen en la actualidad diversas propuestas de software diseñadas como juegos serios específicamente para estos contenidos y que en algunos casos también contemplan el uso de gamificación como complemento potencial, por ser precisamente una estrategia clave en el ámbito motivacional (McGonigal, 2011). La gamificación puede desarrollarse paralelamente reforzando la motivación en un contexto no lúdico (Teixes, 2015). Ofrece una ayuda en la progresión hacia un objetivo final mejorando considerablemente el interés (Zagal & Altizer, 2014).

Actualmente es posible acceder a través de Internet a juegos serios diseñados para su uso en centros educativos de cualquier parte del mundo, por lo que se rompen las barreras tradicionales de los mercados editoriales, abriendo la puerta a una experimentación con propuestas disponibles para otros países. El uso de estos productos en el contexto español puede suponer un reto porque en algunos casos implican discrepancias con los currículos del país de origen, como ocurre con el aprendizaje del cálculo. Es habitual que se presenten a la vez la suma que la resta, en Grados 1 y 2, y la multiplicación junto a la división en el Grado 3, tal y como se recoge en la propuesta americana del Council of Chief State School Officers (2020), en forma de los denominados «Common Core State Standards», frente a una propuesta

mucho más lineal como la del currículo que se trabaja en España. Precisamente, estos últimos años, los contenidos relacionados con el cálculo matemático han sido un foco recurrente de trabajo en el ámbito de los juegos serios con impacto directo en el ámbito de la fluidez matemática (Baroody et al., 2013). Esta es entendida como una muestra de la habilidad en la resolución de algoritmos. Se basa en principios tales como eficiencia, precisión, uso de estrategias y flexibilidad (Kling & Bay-Williams, 2014). El desarrollo de la fluidez maximiza la eficiencia y la precisión siendo su avance un factor de protección frente al fracaso en el ámbito de la matemática o la lectura (Meiri et al., 2019). La evidencia de estos procesos puede identificarse como un indicador de rendimiento en función de la propuesta de aprendizaje.

Investigaciones recientes estudian los beneficios que este tipo de software tiene en la fluidez matemática estableciéndose como referentes para valorar estos productos (Van-der-Ven et al., 2017). Un ejemplo de esto es Reflex Math, con un considerable nivel de uso en las aulas de Estados Unidos en diferentes niveles educativos (Cozad, 2019; Cress, 2019; Sarrell, 2014). El software genera una ruta de aprendizaje personalizada a partir del tiempo de respuesta y tasa de error. También proporciona ayuda al estudiante a través de un entrenador virtual. Esta figura ofrece orientaciones para desarrollar estrategias que permitan superar la dificultad detectada en la ruta individual de aprendizaje, adaptada a la situación concreta del alumno. Se evita ver el error como una penalización y se convierte en una oportunidad para la mejora, ya que su análisis por el sistema es lo que activa los procesos de ayuda del instructor virtual. Además, cuenta con un sistema de gamificación integrado que, gracias a la obtención de puntos canjeables por el número de actividades realizadas, la frecuencia del uso del software o la correcta realización de las tareas, recompensa al alumnado mejorando su avatar y obteniendo diplomas, pero nunca con beneficios académicos. Este tipo de recompensas externas al uso del software y su dinamización son una tarea complementaria que tiene que gestionar el profesorado. El alumnado desarrolla el trabajo de forma autónoma. Los docentes pueden monitorear el proceso a través de herramientas específicas que brindan información a partir de los datos recogidos por el sistema. Sin embargo, no conviene perder de vista que la utilización de software de estas características muestra de nuevo contradicciones. Estudios centrados en las matemáticas ponen de manifiesto beneficios en el aprendizaje (Fernández-Robles et al., 2019; Pires et al., 2019) al tiempo que otros indican lo contrario (Hieftje et al., 2017).

En este escenario, se ha diseñado un trabajo de investigación cuyo objetivo general es conocer el impacto del uso de juegos serios en la fluidez matemática de alumnado de educación primaria. Se indaga, en contextos reales de aula, en función de variables de interés como el curso, la aplicación de gamificación, el grupo-aula y la experiencia docente. También se pretende conocer la relación existente entre los resultados obtenidos con esta propuesta de aprendizaje y las calificaciones del alumnado. Los hallazgos derivados de este estudio podrán ser de utilidad en la toma de decisiones para las administraciones y centros educativos en la dotación de recursos y el desarrollo de estrategias de innovación en las metodologías de aula empleadas.

2. Material y métodos

2.1. Diseño

En respuesta al objetivo planteado, se utilizó un diseño cuasi-experimental con pretest-postest, sin grupo control y con varios grupos experimentales. Se buscaron condiciones de uso totalmente normalizadas, es decir, un escenario escolar habitual con grupos-aula ya constituidos y sin ningún tipo de aleatoriedad. Cada grupo ha funcionado de forma totalmente independiente entre las dos pruebas aplicadas, utilizando el software educativo Reflex Math. El responsable de la puesta en práctica ha sido el profesorado del área de matemáticas en cada caso, al que se le ofreció las mismas indicaciones de uso para utilizar todas las posibilidades que ofrecía el sistema. El estudio fue realizado con consentimiento informado del centro educativo donde se ha desarrollado.

2.2. Participantes

La investigación se llevó a cabo en un centro educativo de tres líneas, en la que participaron 12 aulas de educación primaria entre los niveles de primero y cuarto. Se trata de un centro privado sostenido con fondos públicos en régimen de concierto, situado en un ámbito urbano de Galicia. Fueron 284

estudiantes los que conformaron la muestra del estudio. El 54,2% son niños y el 45,8%, niñas. Un 24,3% cursa primero; un 25,4%, segundo; un 25,7%, tercero y un 24,6% estudia cuarto curso. La propuesta fue presentada previamente al equipo directivo y a los 25 miembros del claustro que imparten docencia en la etapa de educación primaria. Se les ofreció información explicando las características del programa y la investigación propuesta, así como las implicaciones que suponía en su docencia el uso del software. Finalmente, se obtuvo una valoración positiva para su participación en la investigación, en particular del profesorado responsable del área matemática donde recaía una mayor implicación en el proceso.

2.3. Instrumento

Para la evaluación del aprendizaje del cálculo se utilizó el «Basic Math Operations Task» (BMOT), desarrollado por Foegen y Deno (2001). El acceso a este instrumento se ha conseguido a través del trabajo de Sarrell (2014). Su utilización supuso una traducción completa al castellano, tanto del pretest como del postest. En los dos casos se presentan operaciones combinadas de cálculo de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones. Esta propuesta se adapta perfectamente al nivel de aprendizaje que se promueve en el centro escolar en los niveles de tercero y cuarto. Para los cursos de primero y segundo se adaptó al nivel curricular incorporando exclusivamente sumas y restas. La corrección de la prueba genera un indicador de rendimiento individual con base en un sumatorio de todas las respuestas correctas en un tiempo máximo de un minuto. Este indicador coincide con uno de los posibles beneficios que de forma directa se pueden desarrollar a partir del uso del software, de ahí la conveniencia de su utilización.

2.4. Procedimiento

La investigación se desarrolló en el primer trimestre del curso 2019-2020. Se aplicó el pretest en septiembre de 2019 y el postest en diciembre del mismo año. El software se usó de forma integrada en el tiempo de clase de matemáticas; siguiendo la orientación del desarrollador, en tres sesiones semanales. Además, se recogieron datos del alumnado relativos al rendimiento académico, concretamente las calificaciones de todas las áreas que se evalúan en la etapa obtenidas al finalizar el trimestre, coincidiendo con el postest. En cuanto al profesorado, se tomaron datos de los años de experiencia docente. Gracias al acceso a la base de datos del sistema mediante una herramienta específica para el profesorado, se ha podido recompilar datos individuales del número de días de utilización del programa, el volumen de actividades resueltas y el uso de las estrategias de gamificación.

2.5. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico SPSS, v. 25. Se llevaron a cabo análisis descriptivos univariados, basados en medidas de tendencia central y de dispersión. Dado el incumplimiento de los supuestos de parametricidad, en el caso de situaciones relacionadas (comparación entre pretest y postest), se aplica la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, para la cual se establece un nivel de significación de 0,05. En el caso de situaciones independientes, se utiliza la prueba de U de Mann-Whitney para saber si hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las aulas que han desarrollado gamificación y las que no la han aplicado y también entre las aulas cuyo profesorado es novel y aquellas con profesorado experimentado. Además, como medida del tamaño de efecto se calcula el estadístico $r = |z|/\sqrt{N}$ (Field, 2018; Fritz et al., 2012). Para la interpretación de r , se toma el criterio propuesto por Cohen (1988), con la extensión que sugiere Rosenthal (1996). Para establecer el grado de asociación existente entre las diversas variables analizadas, se emplea el coeficiente Rho de Spearman (r_s). Para su interpretación se tiene en cuenta conjuntamente la significación estadística ($p < 0,05$) y la fuerza de la relación, para la cual se siguen las indicaciones de la literatura especializada (entre otros, Sánchez-Huete, 2013). Por último, se calcula el coeficiente de determinación (R^2) para tener una aproximación a la cantidad de varianza de rendimiento académico explicada por los resultados del método de aprendizaje basado en juegos serios.

3. Análisis y resultados

Se presenta primeramente una visión general del efecto que producen los juegos serios en la fluidez matemática, para luego analizarlo en función del curso en que se ha implementado. Así mismo se analizan

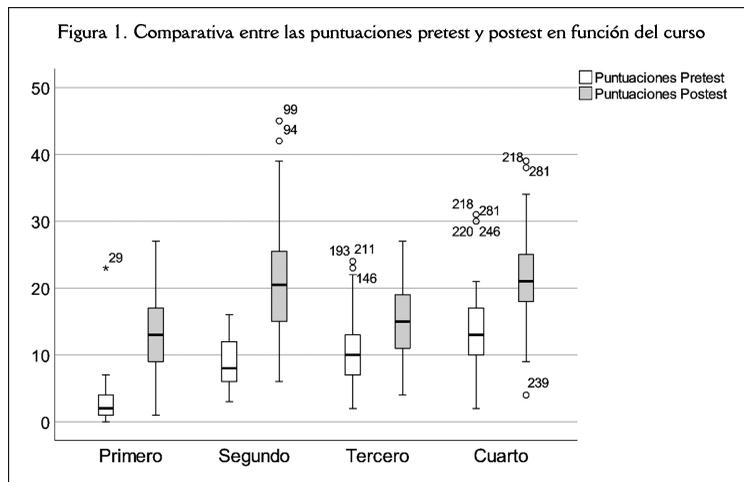
los resultados de la propuesta según la aplicación o no de gamificación y también con respecto a cada aula en concreto, atendiendo a la distinción entre profesorado novel y experimentado en aquellas aulas en las que coinciden las condiciones de gamificación. Se finaliza con el estudio de las relaciones entre los resultados obtenidos con esta propuesta de aprendizaje y las calificaciones del alumnado.

3.1. Juego serio y mejora de la fluidez matemática

El software se ha utilizado, por término medio, durante 27 días, en cuyo transcurso el alumnado ha realizado una media de 5.747 actividades. Tras emplear el software se pone en evidencia una mejora estadísticamente significativa y de gran magnitud en la fluidez matemática ($n=284$; $Z=-14,291$, $p=0,000$; $r=0,60$), pasando de una puntuación media de 8,99 (pretest) a 17,79 (postest). El tiempo de uso del software tiene una clara relación con el número de actividades resueltas ($r_s=0,82$; $p=0,000$).

| | Primero (n=69) | | | Segundo (n=72) | | |
|-----------------------|----------------|-------|---------|----------------|---------|---------|
| | M | Md | DT | M | Md | DT |
| Puntuación Pretest | 2,97 | 2 | 3,16 | 8,64 | 8 | 3,651 |
| Puntuación Postest | 12,80 | 13 | 5,43 | 20,99 | 20,5 | 8,139 |
| Días de uso | 28,3 | 27 | 4,9 | 29,6 | 28,5 | 6,1 |
| Actividades resueltas | 5.662,4 | 4.775 | 2.829,6 | 6.775,5 | 5.733,5 | 3.918,5 |
| | Tercero (n=73) | | | Cuarto (n=70) | | |
| | M | Md | DT | M | Md | DT |
| Puntuaciones Pretest | 10,64 | 10 | 4,66 | 13,57 | 13 | 6,04 |
| Puntuaciones Postest | 15,45 | 15 | 5,71 | 21,84 | 21 | 6,52 |
| Días de uso | 29,4 | 29 | 8,7 | 21,3 | 20,5 | 5,2 |
| Actividades resueltas | 6.620,1 | 6.344 | 3.315,3 | 3.865,4 | 3.445 | 1.890,6 |

Al poner la mirada en cada nivel escolar, se observa que la puntuación postest viene de la mano de dos aspectos que se muestran reveladores, con una relación, por lo general, significativa y tendente a moderada en el caso del tiempo de uso (1^{er} curso, $r=0,20$, $p=0,108$; 2^o curso, $r=0,36$, $p=0,002$; 3^{er} curso, $r=0,39$, $p=0,001$; 4^o curso, $r=0,40$, $p=0,001$) y moderada respecto al número de actividades resueltas (1^{er} curso, $r_s=0,37$, $p=0,002$; 2^o curso, $r_s=0,65$, $p=0,000$; 3^{er} curso, $r_s=0,48$, $p=0,000$; 4^o curso, $r_s=0,48$, $p=0,000$).



En la Tabla 1 se recogen los principales estadísticos descriptivos de cada nivel. Se encuentran diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y las alcanzadas en el postest, siendo grande la magnitud de la diferencia en todos los casos: en 1^o ($Z=-7,225$, $p=0,000$, $r=0,62$), en 2^o ($Z=-7,378$; $p=0,000$, $r=0,61$), en 3^o ($Z=-6,354$, $p=0,000$, $r=0,53$) y en 4^o ($Z=-7,251$, $p=0,000$, $r=0,61$).

Como muestra la Figura 1, las puntuaciones son más bajas y tienden a estar más concentradas en el pretest, mientras que se sitúan en valores más altos y presentan una mayor dispersión en el postest. En todos los niveles educativos se producen grandes avances entre la situación de partida y la final del trimestre.

3.2. Juegos serios y gamificación en el aula

La propuesta de software incluye una estrategia de gamificación para usar en el aula como elemento complementario que ha sido empleada por parte del profesorado. La puntuación pretest es más baja en las aulas en las que se ha desarrollado gamificación y 4 puntos más alta en las aulas en las que no se ha aplicado (Tabla 2). Se trata de una diferencia estadísticamente significativa, de magnitud media ($RSí=123,24$; $RNo=181,43$; $Z=-5,628$, $p=0,000$; $r=0,33$). En este resultado cabe tener en cuenta la variable curso, ya que las aulas que no desarrollan gamificación son de tercero y cuarto, mientras que las aulas que sí desarrollan gamificación abarcan también los cursos de primero y segundo. Sin embargo, el postest refleja un mayor progreso en las aulas con gamificación (10 puntos de diferencia entre ambos promedios) en comparación con las aulas en las que no se ha aplicado gamificación (6,38 puntos). Es significativa esta diferencia en el progreso que ocurre en las aulas que han contado con gamificación frente al de las aulas en las que no se ha utilizado, con un tamaño de efecto que se aproxima a medio ($RSí=158,68$; $RNo=109,80$; $Z=-4,729$, $p=0,000$; $r=0,28$). De hecho, en el puntaje postest ya no se aprecian diferencias significativas ni destacables entre las aulas que han aplicado gamificación y aquellas en las que no se ha implementado ($RSí=139,59$; $RNo=148,38$; $Z=-0,850$, $p=0,395$; $r=0,05$).

Además, en las aulas con gamificación se logran más días de uso con el programa y también es mayor la cantidad de actividades resueltas por el alumnado. Se obtienen diferencias estadísticamente significativas y con un tamaño de efecto medio en el caso de los días de uso ($RSí=164,82$; $RNo=97,39$; $Z=-6,517$; $p=0,000$; $r=0,39$) y próximo a un valor medio en lo que respecta al número de actividades ($RSí=157,58$; $RNo=112,02$; $Z=-4,399$; $p=0,000$; $r=0,26$).

Tabla 2. Descriptivos atendiendo a la gamificación en el aula

| | Sí gamificación en el aula (n=190) | | | No gamificación en el aula (n=94) | | |
|-----------------------|------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|---------|---------|
| | M | Md | DT | M | Md | DT |
| Puntuación Pretest | 7,64 | 7 | 5,50 | 11,73 | 11 | 5,78 |
| Puntuación Postest | 17,63 | 17 | 7,75 | 18,11 | 18 | 7,06 |
| Días de uso | 29,1 | 28 | 6,6 | 23,4 | 23 | 7 |
| Actividades resueltas | 6.257 | 5.220,5 | 3.399,6 | 4.718,7 | 3.892,5 | 2.781,8 |

A nivel intragrupal, se produce una mejora estadísticamente significativa y de gran magnitud en la fluidez matemática, tanto en el grupo que se ha beneficiado de gamificación en el aula ($n=190$; $Z=-11,959$, $p=0,000$; $r=0,61$) como en el que no se ha desarrollado ($n=94$; $Z=-7,638$, $p=0,000$; $r=0,56$), aunque es mayor el tamaño de efecto en el primer caso.

3.3. A nivel de aula: Profesorado novel frente a experimentado

Todos los grupos-aula experimentan un avance en la fluidez del cálculo matemático tras la experiencia de juego serio (Tabla 3). Sin embargo, hay grupos donde el avance es claramente menor, como sucede en A8 y A9. De igual modo, esta situación se traslada al tamaño de efecto, siendo grande en todas las aulas ($r=0,62$), pero más bajo en A8 ($r=0,43$) y A9 ($r=0,49$). Se ha partido de un escenario similar para todos los casos, sin embargo, se pueden observar formas de uso, apropiación y gestión diferenciadas por parte del profesorado.

En este punto del análisis, se plantea una posible relación entre estos datos y la experiencia profesional del docente. Para poder hacer comparaciones entre aulas bajo este criterio, se han tomado como referencia los niveles educativos, al tener una exigencia curricular análoga, y a la vez que coincidan en las condiciones de aplicación o no de gamificación en el aula. En este sentido, se observa que tanto el profesorado con más antigüedad (más de 30 años de experiencia docente) como el novel (entre 1 y 5 años de experiencia docente) hacen un uso similar del software en su tiempo de clase, incluso en algunos casos se obtienen valores más altos a favor del profesorado con mayor antigüedad y, además, se advierte un mejor resultado postest por parte del alumnado con profesorado más experimentado.

Así, en segundo nivel, donde todo el profesorado hace uso de la gamificación, el que posee mayor experiencia (A4 y A5) consigue mejores resultados promedio en el postest que el profesorado novel (A6) ($M=21,81$ frente a $M=19,33$), hace un uso más intensivo del programa ($M=30,6$ días frente a $M=27,7$) y obtiene una mayor tasa de actividades desarrolladas ($M=7299,9$ frente a $M=5726,6$).

Se constata que no se dan diferencias significativas entre los valores obtenidos para el profesorado

novel y para el experimentado, siendo pequeños los tamaños de efecto (pretest: $Z=-0,665$, $p=0,506$, $r=0,08$; posttest: $Z=-1,005$, $p=0,315$, $r=0,12$; días de uso: $Z=-1,580$, $p=0,114$, $r=0,19$; actividades resueltas: $Z=-1,374$, $p=0,170$, $r=0,16$).

| Tabla 3. Descriptivos atendiendo a las aulas | | | | | | | | | |
|--|------------|-------|---------|------------|---------|---------|------------|----------|---------|
| 1º (n=69) | A1 (n=24) | | | A2 (n=22) | | | A3 (n=23) | | |
| | M | Md | DT | M | Md | DT | M | Md | DT |
| P. Pretest | 2,42 | 2 | 2,10 | 3,86 | 2 | 4,76 | 2,70 | 2 | 1,82 |
| P. Posttest | 12,08 | 12,5 | 5,83 | 13,32 | 14 | 6,11 | 13,04 | 12 | 4,35 |
| Días de uso | 28,5 | 27 | 6,1 | 28,4 | 27,5 | 4,4 | 28 | 28 | 4 |
| Actividades | 5.940,8 | 4.566 | 3.515,6 | 6.059 | 5.557 | 3.147,5 | 4.992,5 | 4.604 | 1.288,4 |
| 2º (n=72) | A4 (n=23) | | | A5 (n=25) | | | A6 (n=24) | | |
| | M | Md | DT | M | Md | DT | M | Md | DT |
| P. Pretest | 7,70 | 8 | 3,02 | 9,96 | 9 | 3,91 | 8,17 | 8 | 3,67 |
| P. Posttest | 20,04 | 20 | 6,35 | 23,44 | 21 | 10,23 | 19,33 | 20,5 | 6,82 |
| Días de uso | 29 | 28 | 4,7 | 32,1 | 32 | 7,3 | 27,7 | 28 | 5,3 |
| Actividades | 6.314,6 | 5.708 | 3.072,1 | 8.206,4 | 6.140 | 5.357,6 | 5.726,6 | 5.145,50 | 2.198,8 |
| 3º (n=73) | A7 (n=25) | | | A8 (n=24) | | | A9 (n=24) | | |
| | M | Md | DT | M | Md | DT | M | Md | DT |
| P. Pretest | 11,24 | 10 | 4,19 | 8,21 | 8 | 2,98 | 12,46 | 11 | 5,54 |
| P. Posttest | 17,92 | 18 | 5,62 | 11,29 | 10 | 4,71 | 17,04 | 18,5 | 4,44 |
| Días de uso | 35,6 | 35 | 7,1 | 26,4 | 24 | 7,72 | 26 | 25,5 | 7,9 |
| Actividades | 8.334,1 | 7.747 | 3.129,6 | 5.899,9 | 5.222,5 | 3.382,6 | 5.555 | 5.076 | 2.797,7 |
| 4º (n=70) | A10 (n=23) | | | A11 (n=24) | | | A12 (n=23) | | |
| | M | Md | DT | M | Md | DT | M | Md | DT |
| P. Pretest | 13,43 | 12 | 6,99 | 14,29 | 13,5 | 5,55 | 12,96 | 13 | 5,67 |
| P. Posttest | 23,39 | 24 | 6,49 | 21,13 | 20 | 7,13 | 21,04 | 20 | 5,87 |
| Días de uso | 21,4 | 22 | 5 | 22,8 | 22 | 5,8 | 19,6 | 19 | 4,4 |
| Actividades | 4.171,4 | 3.668 | 1.778 | 4.247,5 | 3.768 | 1.694,7 | 3.160,6 | 2.434 | 2.066,6 |

En cuanto al tercer curso, en las dos aulas contrastadas (A8: profesor novel; A9: profesor experimentado), en las cuales no se usa gamificación, se obtienen valores similares en el uso del software y en el número de actividades resueltas (Tabla 3). De hecho, no se dan diferencias significativas al respecto (Tabla 4) y, en cambio, sí se dan en las puntuaciones pretest y posttest con un tamaño de efecto destacable.

| Tabla 4. Rangos promedio y estadísticos de la prueba U de Mann-Whitney para A8 y A9 | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|------|
| | R _{novel} | R _{exper} | U | Z | p | r |
| Puntuación Pretest | 18,44 | 30,56 | 142,500 | -3,011 | 0,003 | 0,43 |
| Puntuación Posttest | 16,69 | 32,31 | 100,500 | -3,876 | 0,000 | 0,56 |
| Días de uso | 24,75 | 24,25 | 282,000 | -0,124 | 0,901 | 0,02 |
| Actividades resueltas | 24,79 | 24,21 | 281,000 | -0,144 | 0,885 | 0,02 |

3.4. Relación entre la puntuación del posttest y el rendimiento académico del alumnado

Por lo general, se constata una relación significativa y moderada entre la puntuación posttest y la nota obtenida en matemáticas en el primer trimestre, exceptuando tercero (1^{er} curso: $r_s=0,62$, $p=0,000$, $R^2=0,38$; 2º curso: $r_s=0,53$, $p=0,000$, $R^2=0,28$; 3^{er} curso: $r_s=0,15$, $p=0,203$, $R^2=0,02$; 4º curso: $r_s=0,43$, $p=0,000$, $R^2=0,18$).

También es significativa y de carácter moderado la relación entre la puntuación posttest y la nota académica general, salvo para tercero, en donde se obtiene una correlación más baja, aunque también significativa (1^{er} curso: $r_s=0,57$, $p=0,000$, $R^2=0,32$; 2º curso: $r_s=0,63$, $p=0,000$, $R^2=0,40$; 3^{er} curso: $r_s=0,33$, $p=0,004$, $R^2=0,11$; 4º curso: $r_s=0,46$, $p=0,000$, $R^2=0,21$). Destaca el coeficiente de determinación en segundo curso que permite inferir que la puntuación posttest llega a explicar un 40% de la varianza de la nota académica global.

En función de las aulas (Tabla 5), también se advierte, por lo general, una relación significativa y moderada-alta entre la puntuación posttest y las calificaciones escolares, exceptuando algunos grupos en concreto pertenecientes a tercer curso (A7, A8 y A9) y a cuarto (A12). Sobresalen varios coeficientes de determinación que indican que más de un 50% de la variabilidad de la nota en matemáticas y de la nota académica global se explica por su relación con la puntuación posttest.

Tabla 5. Correlación entre la puntuación postest y el rendimiento académico del alumnado en función del aula

| | Nota en matemáticas | | | Nota global (todas las materias) | | |
|------------------------|---------------------|-------|----------------|----------------------------------|-------|----------------|
| | r_s | Sig. | R ² | r_s | Sig. | R ² |
| Puntuación Postest A1 | 0,54 | 0,007 | 0,29 | 0,61 | 0,002 | 0,37 |
| Puntuación Postest A2 | 0,67 | 0,001 | 0,45 | 0,55 | 0,008 | 0,30 |
| Puntuación Postest A3 | 0,74 | 0,000 | 0,55 | 0,71 | 0,000 | 0,50 |
| Puntuación Postest A4 | 0,56 | 0,006 | 0,31 | 0,72 | 0,000 | 0,52 |
| Puntuación Postest A5 | 0,75 | 0,000 | 0,56 | 0,72 | 0,000 | 0,52 |
| Puntuación Postest A6 | 0,56 | 0,005 | 0,31 | 0,55 | 0,006 | 0,30 |
| Puntuación Postest A7 | 0,33 | 0,111 | 0,11 | 0,28 | 0,173 | 0,08 |
| Puntuación Postest A8 | 0,20 | 0,360 | 0,04 | 0,22 | 0,299 | 0,05 |
| Puntuación Postest A9 | 0,31 | 0,138 | 0,10 | 0,40 | 0,050 | 0,16 |
| Puntuación Postest A10 | 0,45 | 0,030 | 0,20 | 0,46 | 0,027 | 0,21 |
| Puntuación Postest A11 | 0,42 | 0,043 | 0,18 | 0,53 | 0,008 | 0,28 |
| Puntuación Postest A12 | 0,39 | 0,065 | 0,15 | 0,35 | 0,099 | 0,12 |

4. Discusión y conclusiones

El objetivo de este estudio se ha centrado en indagar el impacto que el uso de juegos serios ofrece en el trabajo que se desarrolla en niveles de educación primaria. Aporta evidencia empírica sobre la mejora que producen los juegos serios en contenidos matemáticos. Estos resultados están en consonancia con los trabajos de Clark et al. (2016), Carvalho et al. (2018) y Wouters et al. (2013), reforzando el presente estudio esta línea de investigación con evidencias de los beneficios que pueden proporcionar en contextos reales. Concretamente, se constata un avance importante en la fluidez matemática en los cuatro cursos analizados, en el conjunto de las 12 aulas involucradas y para todo el alumnado participante, unos datos coherentes con trabajos previos con muestras muchos menores (Cozad, 2019) y con alumnado con dificultades de aprendizaje (Sarrell, 2014). Se trata de una diferencia estadísticamente significativa y de gran magnitud la que se da entre la situación de partida y tras el desarrollo de la experiencia de juego serio. Hay que tener en cuenta en estos datos un factor aparentemente limitador, como es el haber empleado un software diseñado para un currículo americano, lo que no ha condicionado su potencial.

Por otra parte, se aprecia un progreso mayor en fluidez matemática en aquellas aulas que han utilizado la estrategia de gamificación, y también un mayor uso del programa y un mayor número de actividades resueltas. Esto lleva a confirmar el impacto que tiene en el ámbito motivacional el uso de estas estrategias en clara sintonía con estudios previos (Filella et al., 2017; McGonigal, 2011; Zagal & Altizer, 2014) y relaciona su uso con una mejora en el rendimiento del alumnado (Fernández-Robles et al., 2019; Pires et al., 2019).

Se encuentra también una relación significativa y moderada entre la puntuación en las pruebas de rendimiento aplicadas tras la experiencia de juego serio y las calificaciones del alumnado, compartiendo un porcentaje de variabilidad que, en el caso de algunas aulas, supera el 50%. Cabe matizar al respecto que esta relación entre las variables no implica necesariamente causalidad, sino que se refiere al grado de relación. Estos datos dan cuenta de la fuerza explicativa que este tipo de contenidos curriculares tienen respecto al trabajo que se desarrolla en las aulas, lo que actualiza investigaciones previas en este sentido y pone de relieve la posible influencia de este tipo de propuestas en el rendimiento general del alumnado (Duncan et al., 2007).

La evidencia de mejora de estos datos permite cuestionar los trabajos que establecen barreras generacionales frente a su posible uso por parte del profesorado (Kaufman, 2013) por la ausencia de experiencias positivas previas (Marín-Díaz et al., 2019). La adherencia al trabajo con juegos serios y su proceso en el aula pasa por la modulación del profesorado. La edad, más que un problema como plantea la literatura previa, aquí se ve como una oportunidad que complementa el trabajo desarrollado con el software, desterrando la imagen del profesorado novel como más sensible y proclive a la utilización de estos programas. El profesorado experimentado hace un uso similar en intensidad que el profesorado novel llegando, en iguales condiciones, a encontrarse diferencias significativas favorables frente al profesorado más joven. Todo parece indicar que este profesorado valora el uso de juegos serios y gamificación en función de los beneficios percibidos, lo que les hace reforzar la propuesta favoreciendo condiciones para la realización de las tareas propuestas con un conocimiento y experiencia que mejora todavía más los

resultados. Esta situación abre la posibilidad de indagar acerca de los elementos que este profesorado pone en juego y enfatiza la necesidad de desarrollar investigaciones que se dirijan a ámbitos nucleares del trabajo escolar con alto valor para los centros educativos.

Todo apunta a que los elementos contextuales son determinantes en el estudio de los juegos serios y la gamificación pudiendo ofrecer resultados dispares. La elección de contenidos relevantes para el profesorado se muestra como factor clave para poder impactar en el trabajo escolar poniendo en juego diversas competencias, sobre todo la matemática y la digital. Por otro lado, al alumnado, claramente motivado e implicado en la propuesta, se le ofrecen experiencias de juego digital con grandes isomorfismos con las habituales en su tiempo de ocio, lo que ayuda a salvar las distancias entre la realidad escolar y social y revalorizar el papel de los centros educativos. Esta situación permite concluir el potencial que el uso de juegos serios y gamificación diseñados específicamente para entornos escolares tiene en el rendimiento del alumnado. Con todo, este trabajo presenta algunas limitaciones. Destaca el hecho de que solo se cuente con alumnado y profesorado de un único centro educativo, por lo que los resultados deben ser utilizados con cautela ante posibles generalizaciones más allá del contexto en el que se ha llevado a cabo el estudio. Por otro lado, se desconocen las razones de las diferentes formas de apropiación por parte del profesorado, sobre todo en el caso del experimentado que, contra todo pronóstico, se ha sumado con gran intensidad a la propuesta.

Contribución de Autores

Idea, F.F.V.; Revisión de literatura (estado del arte), F.F.V.; Metodología, E.V.C., E.M.P.; Análisis de datos, E.V.C., E.M.P.; Resultados, E.V.C., F.F.V., E.M.P.; Discusión y conclusiones, F.F.V., E.V.C.; Redacción (borrador original), F.F.V., E.V.C.; Revisiones finales, E.V.C., E.M.P.; Diseño del Proyecto y patrocinios, F.F.V.

Apoyos

Este estudio es una acción del Proyecto de I+D+i Entornos digitales e identidades de género en la adolescencia (EDIGA), con referencia PID2019-108221RB-I00, en el marco del Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i y del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España.

Referencias

- Alvarez, J., & Djaouti, D. (2012). *Serious games: An introduction*. Éditions Questions Théoriques. <http://bit.ly/3gVVAZY>
- Baroody, A., Bajwa, N., & Eiland, M. (2009). Why can't Johnny remember the basic facts? *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15, 69-79. <https://doi.org/10.1002/ddrr.45>
- Baroody, A., Eiland, M., Purpura, D., & Reid, E. (2013). Can computer-assisted discovery learning foster first graders' fluency with the most basic addition combinations? *American Educational Research Journal*, 50(3), 533-573. <https://doi.org/10.3102/0002831212473349>
- Boendermaker, W., Veltkamp, R., & Peeters, M. (2017). Training behavioral control in adolescents using a serious game. *Games for Health Journal*, 6(6), 351-357. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0071>
- Carvalho, C.V., Rodríguez, M.C., Nistal, M.L., Hromin, M., Bianchi, A., Heidmann, O., Tsalapatas, H., & Metin, A. (2018). Using video games to promote engineering careers. *The International Journal of Engineering Education*, 34(2), 388-399. <http://bit.ly/3qjVwET>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>
- Clark, D.B., Tanner-Smith, E.E., & Killingsworth, S.S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of Educational Research*, 86(1), 79-122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. L. Erlbaum Associates. <https://bit.ly/3uE1kfh>
- Council of Chief State School Officers (Eds.) (2020). *Preparing america's students for college & career. Common core state standards initiative*. Common core state standards initiative. <http://bit.ly/2XFRAmc>
- Cozad, L. (2019). *Effects of a digital mathematics fluency program on the fluency and generalization of learners*. [Doctoral Dissertation, The Pennsylvania State University]. <http://bit.ly/3qkbnDE>
- Cress, T. (2019). *Influence of the reflex math fact fluency program on math scores*. [Doctoral Dissertation, Walden University]. <http://bit.ly/3sryn5x>
- Del-Moral, M., & Fernández, L. (2015). Videojuegos en las aulas: Implicaciones de una innovación disruptiva para desarrollar las Inteligencias Múltiples. *Revista Complutense de Educación*, 26, 97-118. https://doi.org/10.5209/rev_rced.2015.v26.44763
- Duncan, G., Dowsett, C., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., Pagani, L.S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental*

- Psychology*, 43(6), 1428-1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Fernández-Robles, J.L., Gaytán-Lugo, L.S., Hernández-Gallardo, S.C., & García-Ruiz, M.A. (2019). La alfabetización cuantitativa en estudiantes de tercer grado de primaria a través de un juego serio. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 18(1), 131-147. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.18.1.131>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage.
- Filella, G., Pérez-Escoda, N., & Ros-Morente, A. (2017). Evaluación del programa de Educación Emocional "Happy 8-12" para la resolución asertiva de los conflictos entre iguales. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 14(40), 582-601. <https://doi.org/10.25115/ejrep.40.15164>
- Fisher, D., Frey, N., & Hattie, J. (2020). *The distance learning playbook, grades K-12: Teaching for engagement and impact in any setting*. Corwin Press. <https://bit.ly/33wqrEG>
- Foegen, A., & Deno, S. (2001). Identifying growth indicators for low-achieving students in middle school mathematics. *The Journal of Special Education*, 35(1), 4-16. <https://doi.org/10.1177/002246690103500102>
- Fritz, C., Morris, P., & Morris, P. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2-18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Geary, D. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539-1552. <https://doi.org/10.1037/a0025510>
- Gómez-García, S., Planells-de-la Maza, A., & Chicharro-Merayo, M. (2016). ¿Los alumnos quieren aprender con videojuegos? Lo que opinan sus usuarios del potencial educativo de este medio. *Educar*, 53, 49. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.848>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, (pp. 3025-3034). <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hiefijie, K., Pendergrass, T., Kyriakides, T.C., Gilliam, W., & Fiellin, L. (2017). An evaluation of an educational video game on mathematics achievement in first grade students. *Technologies*, 5. <https://doi.org/10.3390/technologies5020030>
- Kaufman, D. (2013). Videogames in education - comparing students', student teachers' and master teachers' opinions and experiences. In O. Foley, M. T. Restivo, J. Uhomoihi, & M. Helfert (Eds.), *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Supported Education - Volume 1: CSEDU*, volume 1 (pp. 101-105). CSEDU. <https://doi.org/10.5220/0004383701010105>
- Kling, G., & Bay-Williams, J. (2014). Assessing basic fact fluency. *Teaching Children Mathematics*, 20(8), 488-497. <https://doi.org/10.5951/teacchilmath.20.8.0488>
- Lamb, R., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80, 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.040>
- Marín-Díaz, V., Morales-Díaz, M., & Reche-Urbano, E. (2019). Educational possibilities of video games in the primary education stage according to teachers in training. A case study. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 42-49. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.1.330>
- Mcgonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin. <https://stanford.io/3xVWkgAV>
- Meiri, R., Levinson, O., & Horowitz-Kraus, T. (2019). Altered association between executive functions and reading and math fluency tasks in children with reading difficulties compared with typical readers. *Dyslexia*, 25(3), 267-283. <https://doi.org/10.1002/dys.1624>
- Mellado, R., Melgarejo, B., Velasquez, C., Cubillos, C., Roncagliolo, S., & Gonzalez, N. (2018). ROLE video game tool for teaching myths and legends to school basic students. In *2018 37th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)* (pp. 1-8). <https://doi.org/10.1109/SCCC.2018.8705258>
- Michael, D.R., & Chen, S.L. (2006). *Serious games: Games that educate, train and inform*. Thomson Course Technology. <https://bit.ly/3uFzQWz>
- Pérez-Manzano, A., & Almela-Baeza, J. (2018). Gamificación transmedia para la divulgación científica y el fomento de vocaciones procientíficas en adolescentes. [Gamification and transmedia for scientific promotion and for encouraging scientific careers in adolescents]. *Comunicar*, 55, 93-103. <https://doi.org/10.3916/C55-2018-09>
- Pires, A., González-Perilli, F., Bakala, E., Fleisher, B., Sansone, G., & Marichal, S. (2019). Building blocks of mathematical learning: Virtual and tangible manipulatives lead to different strategies in number composition. *Frontiers in Education*, 4, 1-11. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00081>
- Romero-Rodríguez, L., & Torres-Toukomidis, A. (2018). Con la información sí se juega: Los newsgames como narrativas inmersivas transmedias. In A. Torres-Toukomidis, & L. Romero-Rodríguez (Eds.), *Gamificación en Iberoamérica. Experiencias desde la comunicación y la educación*. Abya-Yala. <https://bit.ly/2TLCK8O>
- Rosenthal, J.A. (1996). Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, 21(4), 37-59. https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02
- Sánchez-Huete, J.C. (2013). *Métodos de investigación educativa*. Punto Rojo. <https://bit.ly/3tFYZ1X>
- Sarrell, D. (2014). *The effects of reflex math as a response to intervention strategy to improve math automaticity among male and female at-risk middle school students*. [Doctoral Dissertation, Liberty University]. <http://bit.ly/3qiFdYV>
- Stieler-Hunt, C., & Jones, C. (2015). Educators who believe: Understanding the enthusiasm of teachers who use digital games in the classroom. *Research in Learning Technology*, 23, 1-14. <https://doi.org/10.3402/rlt.v23.26155>
- Teixes, F. (2015). *Gamificación: Fundamentos y aplicaciones*. UOC. <https://bit.ly/2SszJoEc>
- Van-der Ven, F., Segers, E., Takashima, A., & Verhoeven, L. (2017). Effects of a tablet game intervention on simple addition and subtraction fluency in first graders. *Computers in Human Behavior*, 72, 200-207. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.031>

- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van-der Spek, E. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology, 105*(2), 249-265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Zagal, J.P., & Altizer, R. (2014). Examining «RPG elements»: Systems of character progression. In M. Mateas, T. Barnes, & I. Bogost (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on the Foundations of Digital Games, FDG 2014, Liberty of the Seas, Caribbean, April 3-7, 2014*. <https://bit.ly/3oEhli9>
- Zagalo, N. (2010). Alfabetización creativa en los videojuegos: Comunicación interactiva y alfabetización cinematográfica. [Creative game literacy. A study of interactive media based on film literacy experience]. *Comunicar, 35*, 61-68. <https://doi.org/10.3916/C35-2010-02-06>