



Revisión de investigaciones sobre el uso de juegos digitales en la enseñanza de las ciencias de la vida en Primaria y Secundaria

Review of papers on the use of digital games for life sciences teaching in Primary and Secondary Education

Mónica Herrero Vázquez, Antonio Torralba-Burrial, M. Esther del Moral Pérez
Dpto. de Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo, Principado de Asturias, España.
herreromonica@uniovi.es, torralbaantonio@uniovi.es, emoral@uniovi.es

RESUMEN • Las innovaciones educativas apoyadas en juegos digitales están proliferando en las aulas de Primaria y Secundaria, generando investigaciones que estudian su efecto en los logros de aprendizaje. Esta revisión analiza 27 experiencias en el campo de la educación en ciencias de la vida, identificando su diseño experimental, rasgos del grupo control, resultados alcanzados y papel del docente como factores claves para valorar su efectividad. La mayoría resaltan el aumento de la motivación, aunque pocas muestran logros significativos en la adquisición de aprendizajes científicos. La integración didáctica de los juegos digitales podría promover la participación en temas sociocientíficos y la inclusión del alumnado con distintas capacidades, aunque se precisan aún investigaciones mixtas que identifiquen el rol docente y el modelo de intervención didáctica más efectivo para cada contexto.

PALABRAS CLAVE: Juegos digitales; Ciencias de la vida; Didáctica; Ciencias Experimentales; Revisión.

ABSTRACT • Educational innovations supported by digital games are proliferating in primary and secondary classrooms, generating research on their effects upon learning outcomes. This review analyzes 27 experiences in the field of life sciences education, identifying the experimental design, traits of the control group, results achieved and the role of the teacher as relevant factors to assess their effectiveness. Most research highlights the increase in student motivation; however, only a few of them show significant achievements in scientific learning. The didactic integration of digital games could promote the students' involvement in socio-scientific topics and the inclusion of learners with different abilities, although more research with mixed designs is needed, so as to identify the role of the teacher and the most effective didactic intervention model for each context.

KEYWORDS: Digital games; Life sciences; Didactics; Experimental Sciences; Review.

Recepción: octubre 2018 • Aceptación: marzo 2019 • Publicación: junio 2020

JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO

En los últimos años, los videojuegos y las simulaciones lúdicas se están considerando como interesantes herramientas didácticas para favorecer el aprendizaje de ciencias (Barab y Dede, 2007; Wilson et al., 2018), puesto que pueden contribuir potencialmente a incrementar los niveles de comprensión y asimilación de conceptos científicos en los escolares (Chuang y Cheng, 2009; Mayo, 2009), a fomentar actitudes positivas y motivadoras hacia la ciencia (Foster, 2008; García-Ruiz y Sánchez-Hernández, 2006; Garris, Ahlers y Driskell, 2002) y a desarrollar el pensamiento y el razonamiento científicos y la argumentación (Halpern, Millis, Graesser, Butler, Forsyth y Cai, 2012; Wilson et al., 2018).

No obstante, es necesario evaluar previamente cada videojuego o juego educativo digital, identificando los contenidos que aborda, cómo lo hace, qué estrategias se priorizan (Ouariachi, Olvera-Lobo y Gutiérrez-Pérez, 2017), qué habilidades y competencias desarrolla (Del Moral y Villalustre, 2012) y cómo puede promover aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales en el ámbito científico-técnico (M. Herrero, Del Moral y Torralba-Burrial, 2017), en definitiva, cómo contribuye a la construcción del conocimiento científico desde sus dimensiones didácticas y lúdicas.

Ariza y Quesadas (2014) destacan la influencia de las nuevas tecnologías en el aprendizaje de las ciencias, señalando que abren nuevas posibilidades para diseñar contextos significativos. Barab et al. (2009) aseveran que el uso de videojuegos puede contribuir a optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, incluso Gee (2008) considera que un buen videojuego puede ayudar a aplicar el método científico. Por su parte, Morris, Croker, Zimmerman, Gill y Romig (2013) sugieren que la educación científica puede mejorar con actividades didácticas que exploten las mecánicas y dinámicas de los videojuegos al incrementar la motivación, la cognición y la metacognición del alumnado, facilitando la comprensión y asimilación de contenidos científicos y la adquisición de habilidades procedimentales.

Algunas propuestas promueven el Digital Game Based Learning (DGBl) (Tsai, Kuang-Chao y Hsiao, 2012) o metodología basada en juegos digitales, convirtiéndolos en elementos vertebradores de la actividad formativa. Sin embargo, esta apuesta no siempre logra hacer converger los objetivos curriculares con los planteamientos lúdicos de los videojuegos, lo que está promoviendo el trabajo conjunto entre educadores y diseñadores de juegos para conseguirlo (Brom, Šisler y Slavík, 2010).

Por su parte, el metaanálisis efectuado por Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp y van der Spek (2013) evidencia que se constatan mejoras de aprendizaje al incorporar juegos digitales diseñados *ad hoc* para matemáticas, química, física y ciencias de la computación, al compararlos con los métodos de instrucción convencional. Sin embargo, destacan que, concretamente en biología, el aprendizaje no resulta más efectivo que bajo condiciones no lúdicas, quizá debido a que la biología se aborda como un sistema jerarquizado, aspecto que resulta más complejo de incorporar con éxito en un juego, a diferencia de lo que sucede con otras disciplinas científicas. Se reclama, por tanto, una mayor atención y orientación del profesorado para su implementación (Wilson et al., 2018).

A la vista de las diferentes posturas respecto a la utilización de juegos digitales en la enseñanza de ciencias de la vida, se precisa un análisis pormenorizado de los resultados de las investigaciones derivadas en este campo específico. El interés del profesorado de ciencias no solo debe limitarse a conocer el potencial de los recursos tecnológicos de carácter lúdico, sino que ha de apoyarse en los resultados de investigaciones empíricas derivadas de innovaciones exitosas antes de promover su implementación en su propio contexto.

OBJETIVOS

Esta investigación se propone: *a*) realizar una revisión de investigaciones orientada a constatar el impacto del uso de juegos digitales en la enseñanza de las ciencias de la vida en los niveles educativos de Primaria y Secundaria y *b*) analizar los diseños de investigación de las evidencias empíricas publicadas con objeto de identificar los contextos y las estrategias didácticas que contribuyan a favorecer los aprendizajes científicos.

METODOLOGÍA

La revisión de la literatura se realizó utilizando el buscador especializado *Google Académico*, al incorporar trabajos de la mayoría de revistas y editoriales con información en internet, comunicaciones a congresos, capítulos de libros, libros, repositorios de universidades (tesis doctorales, trabajos fin de grado o máster, etc.) y otros repositorios científicos de interés (Academia.edu, arXiv, DIALNET, ERIC, IEEEExplore, LearnTechLib, ProQuest, PubMeb, ResearchGate, ScienceDirect, SemanticScholar...). Comparaciones recientes de resultados de búsqueda respecto a revisiones sistemáticas ya realizadas o a otros motores de búsqueda muestran valores muy altos, en casi todos los casos superiores al 95 % (Bramer, Giustini y Kramer, 2016; Haddaway, Collins, Coughlin y Kirk, 2015). Este buscador también facilita la búsqueda de contribuciones en conferencias, libros y capítulos de libros en mayor medida que otras bases de datos –que pueden no cubrir la mayoría de ellas– (Haddaway et al., 2015; Halevi, Moed y Bar-Ilan, 2017), lo que resulta especialmente útil en Ciencias de la Educación.

El estudio se efectuó durante el último cuatrimestre de 2017 y principio de 2018, y se realizaron búsquedas iterativas y combinando palabras clave para acotar la muestra: *serious games*, videojuegos, *video games*, *digital games*, *educational games*, juegos educativos, *computer-based*, *game-based* y, como factor adicional, el nivel educativo (Educación Primaria, *Elementary Education*, *Primary Education*, Educación Secundaria, *Middle Education*, *Secondary Education*...). Se hicieron búsquedas sucesivas hasta terminar las combinaciones –equivalentes a emplear un operador booleano OR dentro de cada factor y un operador AND entre factores–, seleccionando únicamente los que implementaran o analizaran la aplicación en el aula de juegos digitales con contenidos relativos a ciencias de la vida. Para acotar la diversidad terminológica encontrada, se siguió a Young et al. (2012), que los define como una actividad lúdica interactiva, estructurada por reglas, con un objetivo definido (ganar/perder), que permite cuantificar su retroalimentación facilitando comparaciones a través de *rankings*. Así, con estos ítems recuperados se aplicó la opción «citado por» para revisar los documentos que los citaban y se incluyeron también trabajos disponibles solo por citas.

Concretamente, se recogen investigaciones derivadas de innovaciones que refieren la metodología adoptada por su relevancia en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. La muestra resultante consta de 27 trabajos que analizan las experiencias del uso de 26 juegos digitales educativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de ciencias de la vida en los niveles educativos de Educación Primaria y Secundaria. La muestra está equilibrada entre las dos etapas educativas, tanto en número de trabajos (14 y 15) como en juegos (13 y 16, respectivamente), siendo valores más altos que los previamente reportados para estas materias (Cheng, Chen, Chu y Chen, 2015; Girard, Ecalle y Magnan, 2013; Young et al., 2012).

RESULTADOS

Disciplinas de ciencias de la vida tratadas en las investigaciones

La revisión de las experiencias publicadas –que utilizan juegos digitales (N = 26)– revela que la ecología, entendida como la relación de tienen los organismos entre sí o con su entorno, es la temática que abordan estos juegos en mayor medida (38 %), seguida de los que tratan aspectos de zoología (19 %), genética (15 %) y biología celular y biomedicina (11 %). Casi un tercio de los juegos (31 %) contemplan varias disciplinas científicas a la vez dentro del ámbito de las ciencias de la vida (tabla 1). Las temáticas sobre la educación ambiental (desde el enfoque de la biología), la evolución y la nutrición se abordan de modo específico en un único juego, mientras que la anatomía, la biología molecular y la botánica son tratadas en dos juegos.

Tabla 1.

Juegos digitales utilizados en las investigaciones analizadas, según temática y nivel educativo

<i>Juego digital</i>	<i>Temática</i>	<i>Nivel</i>	<i>Investigación</i>	<i>Información</i>
<i>Calangos</i>	Ecología	S	Loula et al., 2014	https://bit.ly/2U3yBxE
<i>Cellcraft</i>	Biología molecular	S	Dunlap y Pecore, 2009 Huizenga et al., 2017	https://bit.ly/2ARs3Ld
¿Conoces a los mamíferos?	Zoología	P	Del Moral et al., 2018	https://bit.ly/Ulmly4
<i>DNA the double Helix</i>	Genética	S	Huizenga et al., 2017	https://bit.ly/2MppB3c
<i>eAdventure</i>	Biología general, ecología	P	Solano y Santacruz, 2017	https://bit.ly/2FW5dpn
<i>E-Junior</i>	Ecología	P	Wrzesien y Alcañiz, 2010	
<i>El cuerpo humano</i>	Anatomía	P	Del Moral et al., 2018	https://bit.ly/1wzZ0SK
<i>ETIOBE mates</i>	Nutrición	P	Baños et al., 2013	
<i>GAM-WATA</i>	Biología general, botánica ecología	P S	Wang, 2008, 2010, 2011	
<i>Geniverse</i>	Genética	S	Wilson et al., 2018	
<i>Go Go Bugs</i>	Zoología, ecología	P	Kuo, 2007	
<i>Immune Attack</i>	Biomedicina	S	Huizenga et al., 2017	https://bit.ly/1NfTrVY
<i>Kokori</i>	Biología celular	P/S	Mellado et al., 2014	https://bit.ly/2MppLrk
MEGA	Genética	S	Annetta et al., 2009	
<i>Mighty Mutation Maker</i>	Genética	S	Huizenga et al., 2017	Canadian Museum of Nature. No disponible
<i>Naraba World</i>	Botánica, zoología, ecología	P	Del Moral et al., 2014, 2015	https://bit.ly/2MnyScb
<i>Outbreak at Waters-edge</i>	Ecología, biomedicina	S	Sardone y Devlin-Scherer, 2009	https://bit.ly/1llwkte
¿Qué comen los animales?	Zoología	P	Del Moral et al., 2018	https://bit.ly/1R2owZW
<i>Quest Atlantis</i>	Educación ambiental, ecología, biología celular	P/S	Barab et al., 2005, 2007, 2009 Hickey et al., 2009	https://bit.ly/1peSzPE
<i>Race the Cell</i>	Biología molecular	S	Huizenga et al., 2017	No disponible ya
<i>River City</i>	Biología general ecología	S	Ketelhut, 2007; Ketelhut et al., 2010	https://bit.ly/2sEGwWB
¿Somos los dos iguales?	Zoología, anatomía	P	Del Moral et al., 2018	https://bit.ly/2U9Po1U
Spore	Evolución	S	Evans, 2010; Herrero et al., 2014	https://www.spore.com
<i>The Great Flu</i>	Biomedicina	S	Huizenga et al., 2017	https://bit.ly/1oICtDS
<i>Web Earth Online</i>	Ecología	P	Harris, 2008	https://bit.ly/2MrPM9j
<i>You Make Me Sick!</i>	Biología celular	S	Marino et al., 2013	https://bit.ly/2FPyK3I

P = Primaria; S = Secundaria.

Entre las publicaciones analizadas, se constata que las experiencias apoyadas en juegos digitales se desarrollan prioritariamente en Secundaria, en áreas como la genética o la biología molecular. Otras disciplinas se abordan indistintamente en Primaria y Secundaria, pero con juegos diferentes, aunque hay algunos que se utilizan en ambas etapas, como la experiencia centrada en *Kokori* (Mellado et al., 2014) para tratar temas de biología celular, que incluye una muestra de usuarios más variada. Hay que

destacar que los juegos divididos en unidades o bloques específicos resultan más versátiles, al permitir abordar distintas disciplinas, como el *GAM-WATA*, que, a modo de cuestionarios, integra temas de biología general, botánica y ecología para Primaria y Secundaria (Wang, 2008, 2010, 2011). Otros más complejos, como *Quest Atlantis*, tratan la educación ambiental, ecología y biología celular, con distinta profundidad, en Primaria y Secundaria (Barab, Thomas, Dodge, Carteaux y Tuzun, 2005; Barad et al., 2007, 2009; Hickey, Ingram-Globe y Jameson, 2009).

Investigaciones con resultados contrastados

No todas las investigaciones publicadas que incorporan videojuegos o juegos digitales permiten valorar si su aplicación contribuye a mejorar o no, y en qué medida, el proceso de enseñanza y aprendizaje de ciencias de la vida. Así, 18 de los 27 trabajos revisados (67 %) proporcionan datos suficientes para evaluar la experiencia, al no facilitar los resultados alcanzados respecto a la adquisición de conocimientos y/o destrezas, o al incremento de la motivación del alumnado, o bien, en relación con ambas cuestiones. En la tabla 2 se indica una descripción estandarizada de dichas investigaciones.

Tabla 2.
Investigaciones centradas en el uso didáctico de juegos digitales en ciencias de la vida

Referencia de la investigación	Juego digital utilizado	Nivel	N	Resultados		Pre / post-test	GC	Sig.
				Incremento motivación	Incremento conocimiento			
Annetta et al. 2009	MEGA	S	129	SÍ		NO	63	n.s.
Baños et al. 2013	ETIOBEmates	P	228		SÍ	SÍ	155	***
Del Moral et al. 2014, 2015	Naraba World	P	101		SÍ	SÍ	20	n.s.
Del Moral et al. 2018	¿Conoces a los mamíferos? <i>El cuerpo humano</i> ¿Qué comen los animales? ¿Somos los dos iguales?	P	130	SÍ	SÍ	SÍ	20	n.s.
Dunlap y Pecore, 2009	Cellcraft	S	131	SÍ	n.c.	SÍ		
Harris, 2008	Web Earth Online	P	159		SÍ	SÍ	GC1=57 GC2=43	> en GC
D. Herrero et al., 2014	Spore	S	22	n.c.	n.c.			
Hickey et al., 2009	Quest Atlantis	P	E1=116 E2=105		SÍ	SÍ	E1=62 E2=0	n.s.
Ketelhut et al., 2010	River City	S	2000		SÍ	SÍ	SÍ	
Kuo, 2007	Go Go Bugs	P	46	SÍ	SÍ	SÍ	27	n.s.
Loula et al., 2014	Calangos	S	45		SÍ	SÍ		
Marino et al., 2013	You Make Me Sick!	S	876	n.c.		SÍ		
Solano y Santacruz, 2017	eAdventure	P	57		SÍ	SÍ	28	n.s.
Wang, 2008	GAM-WATA	P	165	SÍ	SÍ	SÍ	GC1=53 GC2=59	**
Wang, 2010	GAM-WATA	P	116		SÍ	SÍ	58	**
Wang, 2011	GAM-WATA	S	123	SÍ	SÍ	SÍ	60	**
Wilson et al., 2018	Geniverse	S	2000		n.c.	SÍ	923	***
Wrzesien y Alcañiz, 2010	E-Junior	P	48	SÍ		SÍ	24	n.s.

P = Primaria; S = Secundaria. E1 = Estudio 1; E2 = Estudio 2. GC = Grupo Control (se indica número de integrantes cuando se disponible del dato y si hay uno o dos). N = Tamaño muestral. n.c. = no concluyente. Significación: n.s. = no significativo; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Un análisis detallado resalta que, de los 18 trabajos que ofrecen una evaluación de su impacto (tabla 1), el 89 % siguen un esquema de análisis de diferencias previas al uso del juego digital educativo y después de utilizarlo, mediante la comparación de una prueba inicial (pre-test) y una final (post-test), con lo que se facilita en mayor medida la evaluación de las intervenciones didácticas. Algo más de un tercio (39 %) reportan incremento en la motivación, ligada a la valoración o interés que muestran los sujetos por las ciencias de la vida o al deseo de aprender, apoyado en los juegos digitales. Un 11 % ofrecen resultados ambiguos, pues el interés/motivación del alumnado varía dependiendo de las preguntas efectuadas, mientras que en el resto de trabajos revisados no se evalúa. Los incrementos motivacionales sitúan a los juegos educativos digitales como recursos didácticos de gran valor educativo, aunque no impliquen en todos los casos mayor adquisición de conocimientos frente a otros recursos o metodologías (Backlund y Hendrix, 2013).

La evaluación de logros de aprendizaje en ciencias de la vida, cifrada en la adquisición de competencias o conocimientos, sigue un patrón similar. Así, resulta positivo que el 61 % de los trabajos analizados señalen algún tipo de incremento, mientras un 22 % proporcionan resultados ambiguos, con variaciones relativas a las preguntas efectuadas para su valoración. En su conjunto, se destaca que los videojuegos o juegos digitales presentan oportunidades para acercar temas sociocientíficos al alumnado de forma atractiva, incluso para abordar situaciones problemáticas que requieren pensar potenciales soluciones a largo plazo, como se constata desde la perspectiva medioambiental (Morris et al., 2013; Ouariachi et al., 2017).

El 78 % de los estudios revisados incorporan en sus análisis un grupo control (GC). En el 36 % de los estudios que lo incorporan se han encontrado incrementos significativos con el uso de juegos digitales educativos en el grupo experimental (GE). Un único caso (Harris, 2008) recoge resultados de aprendizaje inferiores a los obtenidos con otros recursos didácticos. En la mayoría de los casos, se observa que el tamaño muestral es relativamente pequeño, con diseños experimentales o cuasi-experimentales muy alejados de un diseño balanceado, con GC excesivamente pequeños en ocasiones, lo que disminuye las posibilidades de detectar diferencias significativas.

Investigaciones en Educación Primaria

Hainey, Connolly, Boyle y Azadegan (2014) reconocen el consenso sobre la necesidad de incorporar recursos innovadores en Primaria, incluyendo las tecnologías digitales y los videojuegos, para activar el compromiso y la motivación del alumnado por el aprendizaje de ciencias. Sin embargo, aún son pocos los docentes que los incorporan en sus aulas (Harris, 2008; Hainey, Connolly, Boyle, Wilson y Razak, 2016). Algunos estudios se centran en el análisis y la evaluación preliminar de las oportunidades didácticas que ofrecen para abordar temáticas ligadas a la ciencia (Guzmán y Del Moral, 2015), con el fin de servir de referente a los docentes que quieran integrarlos curricularmente. Sin embargo, lo que más abundan son estudios etnográficos o estudios de caso único que analizan la incidencia de determinados videojuegos comerciales o *serious games* en el aprendizaje.

Otros estudios cuantitativos analizan el incremento de las inteligencias múltiples operado en el alumnado como, por ejemplo, tras la utilización sistemática del *serious game Naraba World*, detectando una mejora entre el pre-test y el post-test del GE en la inteligencia naturalista y la lógico-matemática del alumnado frente a los que no utilizaron el videojuego (Del Moral, Fernández y Guzmán, 2014, 2015; Del Moral, Guzmán y Fernández, 2018).

Sin embargo, aunque se han publicado resultados positivos relacionados con el uso de videojuegos en lengua, historia y educación física en Primaria, no existen evidencias empíricas consensuadas sobre su valor académico en el campo de las ciencias (Hainey et al., 2016; *National Research Council*, 2011; Young et al., 2012). La bibliografía especializada destaca la gran heterogeneidad de métodos utilizados

para verificar la efectividad del aprendizaje basado en juegos digitales, lo que genera dudas respecto a la validez, fiabilidad del diseño experimental y los resultados obtenidos, al presentarse fragmentados, con poca solidez y ausencia de seguimiento (All, Nuñez Castellar y Van Looy, 2016).

La revisión de Hainey et al. (2016) recoge 45 investigaciones con evidencias empíricas de calidad sobre el uso de videojuegos en Educación Primaria publicadas entre 2000 y 2013, donde el 24 % abordan contenidos de matemáticas, un 22 % de ciencias experimentales, mientras que un 13 % tratan temas de lengua y otro 13 % de ciencias sociales. Generalmente utilizan prototipos específicos, no tanto juegos comerciales con fines educativos. La mayoría prima la adquisición de conocimientos y contenidos, si bien otras investigaciones analizan logros afectivos y emocionales, de percepción y motivación, cambio de comportamiento y habilidades sociales. Se apoyan en ensayos controlados aleatorios, aunque solo un 17 % de las centradas en ciencias experimentales y salud muestran evidencias positivas del empleo de juegos digitales al compararlos con otros métodos (Baños, Cebolla, Oliver, Alcañiz y Botella, 2013; Wang, 2008). Otro 17 % mostraron efectos negativos en el aprendizaje conceptual, tras utilizar la misma metodología de ensayo, aunque se constató mayor motivación y actitud positiva hacia la ciencia (Harris, 2008; Wrzesien y Alcañiz, 2010). Con todo, su revisión permite recabar consideraciones interesantes sobre los resultados del uso de juegos digitales en Primaria para analizar las posibles estrategias aplicables al aprendizaje de las ciencias.

La incorporación de los juegos digitales en el aula como un recurso más —o sustituyendo a otros— debe resultar de la constatación de su efectividad en términos de los aprendizajes adquiridos por el alumnado. En este sentido, Wang (2008) apuesta por dotar de estrategias de evaluación formativa al alumnado para incrementar sus resultados. Concretamente, tras aplicar la metodología GAM-WATA —en un concurso de preguntas (*quiz-game*) sobre plantas en Primaria—, idearon un sistema de evaluación formativa basado en el juego para facilitar la retroalimentación y la interacción estudiante-ordenador, incorporando distintos niveles de apoyo para atender a la diversidad del alumnado y fomentar la interacción con el docente. Estas estrategias permitieron incrementar tanto los aprendizajes adquiridos sobre los contenidos tratados, como la motivación para adquirirlos, en mayor medida que metodologías centradas en papel o web (Wang, 2008, 2010, 2011).

Baños et al. (2013) describen el éxito del videojuego *online ETIOBE mates* para favorecer el aprendizaje de contenidos sobre nutrición en comparación con una metodología basada en lápiz y papel. Si bien tanto el GE como el GC mejoraron sus conocimientos sobre nutrición, se consideró que el GE alcanzó mayores logros de aprendizaje al considerar el factor tiempo, constatando que el alumnado consideró útil la plataforma del videojuego para su aprendizaje. Los sujetos del GE no necesitaron apoyo de adultos, jugaron solos en horario extraescolar y no lo combinaron con otras actividades curriculares sobre nutrición. Los autores insisten en que hay que recordar al alumnado la finalidad del juego, ligada al aprendizaje de aspectos de nutrición, no al mero entretenimiento, y remarcan la necesidad de adecuar estos recursos a los propósitos educativos específicos.

Harris (2008) estudió el impacto del videojuego multijugador masivo *Web Earth Online* en la resolución colaborativa de problemas ecológicos en estudiantes de sexto grado, midiendo los logros individuales a partir de la puntuación asignada a los mapas conceptuales elaborados. El GE interactuó con el juego, y se comparó con dos GC que recibieron respectivamente instrucción del docente y del investigador, incluyendo actividades multimedia, experimentales y colaborativas ligadas al ciclo de la vida y las necesidades de supervivencia de un ave. El GE tendió a mostrar puntuaciones post-test más bajas que los dos GC, aunque todos los grupos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre pre y post-test, evidenciando logros de aprendizaje. Concluye que el uso del videojuego puede considerarse una estrategia didáctica viable para implicar y motivar al alumnado, aunque no arroja resultados susceptiblemente mejores respecto a otras prácticas de aprendizaje significativas.

También se investigó si un entorno virtual de aprendizaje (EVA) basado en un videojuego *online* (*Go go Bugs*) podía implicar y motivar a escolares de Primaria (GE) en el aprendizaje de las ciencias naturales más que al GC en el mismo EVA, pero sin las connotaciones lúdicas (Kuo, 2007). Se controlaron variables como los conocimientos previos (digitales y sobre ciencias naturales) y el género para ver si influían en el interés –medido como frecuencia de acceso al entorno fuera del horario escolar–. El EVA del videojuego motivó de forma intrínseca y satisfactoria a los participantes para explorar las ciencias naturales e implicarse en las actividades, pero no se encontraron resultados significativos en ese aprendizaje respecto al EVA no lúdico (Kuo, 2007). De forma similar, Hickey et al. (2009) constataron un incremento en el aprendizaje al aplicar una de las unidades ambientales del *Multi-User Virtual Environment* (MUVE) *Quest Atlantis*, pero no hubo diferencias estadísticas respecto al GC que utilizó el libro de texto. No obstante, el diseño de una retroalimentación más exhaustiva, con ampliaciones sucesivas de información, permitió registrar mayores logros respecto al experimento inicial (Hickey et al., 2009).

Consideraciones similares se desprenden del trabajo de Wrzesien y Alcañiz (2010) al evaluar una aplicación basada en un juego virtual sobre ecología del Mediterráneo, acorde con los objetivos curriculares de Primaria. Los datos se compararon con el GC tradicional que trató idénticos objetivos y contenidos sin el juego: el GE no mostró resultados significativamente mejores respecto al GC, aunque sí mayor satisfacción e implicación del alumnado.

Young et al. (2012) detectan que las investigaciones publicadas sobre videojuegos, a menudo, los consideran como los motores principales y únicos catalizadores del aprendizaje, obviando el papel del docente y asignando máxima autonomía a los discentes. Sin embargo, cuestionan que, de igual modo que no se les entrega un libro para que aprendan por sí mismos, los videojuegos no pueden considerarse soluciones exclusivas que acaparen todo el protagonismo. Por tanto, el profesorado debe facilitar el proceso de aprendizaje, asegurarse de que la información sea generalizable fuera del contexto del videojuego y comprobar que se incrementen los logros metacognitivos más profundos y consistentes. Asimismo, recomiendan examinar la contribución de los juegos digitales junto a las instrucciones de los docentes para favorecer globalmente –no fragmentadamente– la motivación, el comportamiento y los logros académicos del alumnado, aspectos clave para definir su efectividad, pues hay pocas investigaciones que lo aborden en esta etapa educativa, como se ha señalado en este trabajo.

Investigaciones en educación Secundaria

Los juegos digitales permiten la simulación de fenómenos del mundo real y la recreación de experiencias cautivadoras en ciencias de la vida que normalmente no se pueden experimentar directamente en Secundaria. Además, Annetta, Minogue, Holmes y Cheng (2009) subrayan la motivación del alumnado al interactuar con el juego, pues no lo consideran un trabajo académico convencional, ya que voluntariamente dedican más tiempo al juego que a leer materiales sobre la temática o a hacer ejercicios.

La mayoría de las investigaciones analizadas consideran los videojuegos como herramientas motivadoras, pero no todas constatan su contribución al incremento del conocimiento de contenidos concretos ni permiten identificar los contextos y las estrategias didácticas más exitosas para su empleo. En ese sentido, Wang (2011) reclama la formulación de estrategias eficaces para lograrlo en Secundaria. Asimismo, se requieren más evidencias empíricas sobre los logros académicos derivados de las metodologías apoyadas en juegos digitales para la enseñanza de las ciencias, evitando resultados ambiguos (National Research Council, 2011; Young et al., 2012). Muchos de los videojuegos enfocados a la educación científica incluyen actividades y eventos aislados por temas en sus respectivos mundos virtuales, aunque con poca coherencia curricular subyacente que favorezca a largo plazo el aprendizaje basado en la indagación, incluyendo preguntas esenciales u objetivos sistemáticos de aprendizaje (Young et al., 2012).

D. Herrero, Del Castillo, Monjelat, García-Valera, Checa y Gómez (2014) analizaron cómo el videojuego comercial *Spore* –que incorpora conceptos de la teoría de la evolución y la selección natural– ayudó a los estudiantes a comprender procesos evolutivos, cotejando sus ideas previas con el conocimiento académico a partir de la simulación del videojuego. Especialmente interesantes son las mejoras obtenidas, pese a que el videojuego presenta errores conceptuales y simplificaciones excesivas en el tratamiento de cuestiones biológicas, ya advertidas desde su aparición (Bean, Sinatra y Schrader, 2010; Bohannon, 2008), por lo que se hace necesaria la intervención directa del profesorado para evitar la transmisión de información errónea.

Dunlap y Pecore (2009) percibieron, tras unas sesiones con el juego digital de biología celular *CellCraft*, que los estudiantes de Secundaria adoptaban una actitud más positiva hacia la ciencia y su aprendizaje, aunque no mejoró su confianza en lo que aprendían, ya que solo se incrementaron habilidades de menor nivel. Por su parte, Morris et al. (2013) resaltan el potencial metacognitivo de los videojuegos para explorar conceptos científicos, ejemplificados con cuestiones de descubrimiento científico y biología evolutiva, al activar habilidades metacognitivas para identificar lo que saben o no, para avanzar en el juego.

Hay que destacar la utilidad de algunos juegos *online* para acercar a los jóvenes a problemas socio-científicos e implicarlos virtualmente en su resolución, adoptando roles de personajes para tomar decisiones sostenibles, por ejemplo, frente al cambio climático (Ouariachi et al., 2017). Entre los trabajos publicados con logros más satisfactorios, destaca el de Barab et al. (2009), donde los estudiantes que usaron el juego mostraron mejores resultados –en test estandarizados– que sus compañeros que siguieron libros de texto. Por el contrario, Annetta et al. (2009), en una experiencia realizada en Secundaria con un juego multijugador creado con una aproximación cooperativa (*MEGA*), no encontraron logros estadísticamente significativos en el aprendizaje de los principios de la genética, una temática compleja de enseñar y aprender. Indican que el GE utilizó el juego solo para revisar la unidad tratada, siguiendo ambos grupos la instrucción habitual –estrategias activas y participativas como lecturas grupales, actividades experimentales manipulativas que primaban el método de indagación guiada, discusiones en grupo grande y pequeño y práctica independiente– con el mismo docente. El GC revisó el tema con lápiz y papel y discusiones en gran grupo.

Con *Geniverse*, juego centrado en el aprendizaje de genética en varias sesiones (Wilson et al., 2018), se constató que los resultados dependieron del modo como se implementó en la clase. Cuando se pausó su uso tal como los diseñadores indicaban (utilizando al menos el 75 % de los recursos), los logros de los estudiantes fueron significativamente mejores que los del GC sometidos a la instrucción habitual. Sin embargo, diferentes niveles de progresión e implementación del videojuego no registraron diferencias significativas entre los dos grupos. Solo un 25 % del alumnado progresó mediante el juego con el nivel requerido en genética. Se destaca así que las decisiones de los docentes sobre el uso de los recursos pudieron influir sobre los logros alcanzados por el alumnado.

Se echan en falta estudios en este ámbito que contemplen la diversidad en las aulas. A este respecto, Marino, Israel, Beecher y Basham (2013) analizan la percepción de estudiantes y profesores de Secundaria sobre el uso de videojuegos para mejorar el aprendizaje de ciencias y reducir las dificultades de aprendizaje del alumnado considerando su diversidad. Para ello, usaron un videojuego sobre descubrimientos científicos y otro para diseñar microorganismos, ambos con recursos interactivos para apoyar los procesos cognitivos. La investigación adoptó métodos mixtos, cuantitativos y cualitativos mediante entrevistas. Se hallaron correlaciones entre el nivel de habilidad lectora y las necesidades educativas en programas individualizados con el interés del alumnado por usar videojuegos fuera del centro y con su autopercepción sobre sus habilidades científicas. Todos los grupos de estudiantes –con o sin dificultades– preferirían aprender ciencias con un videojuego que utilizando un libro de texto, efectuando actividades en el laboratorio o en internet. Algunos alumnos con baja habilidad lectora se convirtie-

ron en expertos manejando los videojuegos de ciencias y enseñaban a manejarlos a sus compañeros. Además, los videojuegos activaron la interacción y la discusión en clase, incluso con la participación activa de alumnos que no mostraban capacidad de liderazgo. Sin duda, constituyen unos resultados prometedores que abren una interesante línea de investigación para la atención a la diversidad en las clases de ciencias.

CONCLUSIONES

Casi un tercio de los 26 juegos digitales utilizados en las experiencias analizadas abordan varias disciplinas de las ciencias de la vida de forma simultánea. La ecología es la disciplina que se aborda con más frecuencia en los juegos digitales analizados (38 %), seguida a mayor distancia por la zoología, la genética, la biología celular y la biomedicina.

Desde el *punto de vista metodológico*, al revisar las experiencias publicadas, se resalta la necesidad de promover más investigaciones que adopten enfoques mixtos, con muestras más amplias, basadas en evidencias empíricas con sólidos diseños experimentales, cuantitativos y cualitativos, que permitan generalizar los resultados en el ámbito de la enseñanza de las ciencias de la vida.

Por otro lado, desde una *perspectiva didáctica*, si bien los estudios analizados subrayan el potencial de los juegos digitales educativos para facilitar los aprendizajes de las ciencias de la vida, son pocos los que permiten identificar las estrategias didácticas que favorecen los aprendizajes científicos utilizando estos recursos lúdicos como herramientas educativas. En este sentido, interesa analizar tanto la adecuación del juego a los objetivos didácticos como las estrategias didácticas más eficaces para implementarlos. En qué medida se atiende a la diversidad del alumnado; se contemplan actividades complementarias antes y después de las sesiones de juego; cómo describen el proceso que seguir en la sesión con el videojuego; el tiempo dedicado a cada actividad; la apuesta por juego individual o colaborativo; la distribución del alumnado en pequeños grupos, en su caso; asignación de tareas a cada cual; las fórmulas de evaluación durante el proceso y al final de este; etc. Sobre todo, se requiere mayor rigor y sistematización en la evaluación, pues aparece muy desdibujada en las investigaciones analizadas, y no permite identificar los aprendizajes reales adquiridos por el alumnado. La mayoría de los estudios muestran un incremento motivacional del alumnado, pero pocos resaltan un logro significativo en la adquisición de aprendizajes científicos.

Con el fin de sacar el máximo provecho de las experiencias innovadoras apoyadas en el uso de videojuegos, deberían hacer patente:

a) Aspectos didácticos:

- *Papel del docente*. Resulta necesario especificar sus funciones al emplear estos recursos, describir no solo el juego sino el contexto, la temporalización, actividades complementarias y fórmulas de evaluación (All et al., 2016; Wouters et al., 2013). Se precisa profundizar en cómo interactúa el docente con estos recursos y su metodología, pues no se incide en el reto didáctico que supone su implementación, ni en cómo se enfrenta el docente a las dificultades encontradas, cuando los resultados publicados sí se están comparando con su abultada experiencia en el empleo de los recursos educativos convencionales.
- *Selección del juego digital educativo*. Se debe efectuar una rigurosa selección para su incorporación al aula y adoptar pautas metodológicas y organizativas que permitan utilizarlos de forma efectiva (Del Moral, 2017).

b) Aspectos metodológicos del diseño experimental:

- *Elección del GC*. Se precisan diseños experimentales que comparen el GE que usa el juego digital con un GC, equivalente en tamaño, para evitar obstáculos añadidos en la evaluación de la intervención.
- *Recursos/metodologías didácticas alternativas para el GC*. El modelo de intervención didáctica en los GC puede influir en los resultados obtenidos. Es cuestionable que al GC se le asignen en muchas ocasiones actividades pasivas, pues –como se ha constatado– resultan menos efectivas para el aprendizaje de las ciencias (Tobin, Tippins y Gallard, 1994; Handelsman et al., 2004; Wouters et al., 2013). En las experiencias revisadas, cuando el GC adopta metodologías didácticas activas, las diferencias con el GE pierden significación.

Por último, es importante destacar que el objetivo final de la utilización de los juegos digitales debe orientarse a facilitar la adquisición de las competencias científicas de forma más efectiva, sin limitarse al uso o defensa de una única estrategia didáctica. Como destaca Hodson (2014), no todos los objetivos de la enseñanza de las ciencias (aprender ciencia, aprender sobre ciencia, aprender a hacer ciencia y aprender temas sociocientíficos) se pueden alcanzar con un mismo tipo de intervención. El uso de estos recursos novedosos en la enseñanza formal se sumaría a otras estrategias didácticas, activas y participativas para el aprendizaje significativo del alumnado, evitando la pérdida de interés, de motivación y de logros académicos en el aprendizaje de las ciencias que se agudiza en el paso de Primaria a Secundaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- All, A., Nuñez Castellar, E. P. y Van Looy, J. (2016). Assessing the effectiveness of digital game-based learning: Best practices. *Computers y Education*, 92, 90-103.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.007>
- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y. y Cheng, M. T. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education*, 53(1), 74-85.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.12.020>
- Ariza, M. R. y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Backlund, P. y Hendrix, M. (2013). Educational games-are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games. En *5th International Conference On Games and virtual worlds for serious applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). Poole: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/vs-games.2013.6624226>
- Baños, R. M., Cebolla, A., Oliver, E., Alcañiz, M. y Botella, C. (2013). Efficacy and acceptability of an internet platform to improve the learning of nutritional knowledge in children: The ETIOBE mates. *Health Education Research*, 28(2), 234-248.
<https://doi.org/10.1093/her/cys044>
- Barab, S. y Dede, C. (2007). Games and immersive participatory simulations for science education: an emerging type of curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 1-3.
<https://doi.org/10.1007/s10956-007-9043-9>

- Barab, S., Dodge, T., Tuzun, H., Job-Sluder, K., Jackson, C., Arici, A., Job-Sluder, L., Carteaux, R. Jr., Gilbertson, J. y Heiselt, C. (2007). The Quest Atlantis Project: A socially-responsive play space for learning. En B. E. Shelton y D. Wiley (Eds.), *The Educational Design and Use of Simulation Computer Games* (pp. 159-186). Rotterdam: Sense Publishers.
- Barab, S., Scott, B., Siyahhan, S., Goldstone, R., Ingram-Goble, A., Zuiker, S. J. y Warren, S. (2009). Transformational play as a curricular scaffold: Using videogames to support science education. *Journal of Science Education and Technology*, 18(4), 305-320.
<https://doi.org/10.1007/s10956-009-9171-5>
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R. y Tuzun, H. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development*, 53(1), 86-107.
<https://doi.org/10.1007/BF02504859>
- Bean, T. E., Sinatra, G. M. y Schrader, P. G. (2010). Spore: Spawning evolutionary misconceptions? *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 409-414.
<https://doi.org/10.1007/s10956-010-9211-1>
- Bohannon, J. (2008). Flunking spore. *Science*, 322(5901), 531.
<https://doi.org/10.1126/science.322.5901.531b>
- Bramer, W. M., Giustini, D. y Kramer, B. M. (2016). Comparing the coverage, recall, and precision of searches for 120 systematic reviews in Embase, MEDLINE, and Google Scholar: a prospective study. *Systematic Reviews*, 5, 39-45.
<https://doi.org/10.1186/s13643-016-0215-7>
- Brom, C., Šisler, V. y Slavík, R. (2010). Implementing digital game-based learning in schools: augmented learning environment of 'Europe 2045'. *Multimedia Systems*, 16(1), 23-41.
<https://doi.org/10.1007/s00530-009-0174-0>
- Cheng, M. T., Chen, J. H., Chu, S. J. y Chen, S. Y. (2015). The use of serious games in science education: a review of selected empirical research from 2002 to 2013. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 353-375.
<https://doi.org/10.1007/s40692-015-0039-9>
- Chuang, T.-Y. y Chen, W.-F. (2009). Effect of computer-based video games on children: an experimental study. En *2007 First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL'07)* (pp. 114-118). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/digitel.2007.24>
- Del Moral, M. E. (2017). Aprendizaxe baseada en xogos dixitais: interacción, desafíos e logro de obxectivos. *Revista Galega de Educación*, 68, 17-20.
- Del Moral, M. E. y Fernández, L. C. (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
- Del Moral, M. E., Fernández, L. C. y Guzmán, A. P. (2015). Videogames: Multisensorial incentives for strengthening multiple intelligences in primary education. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 13(2), 243-270.
<https://doi.org/10.14204/ejrep.36.14091>
- Del Moral, M. E., Guzmán, A. P. y Fernández, L. C. (2014). *Serious Games*: escenarios lúdicos para el desarrollo de las inteligencias múltiples en escolares de primaria. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 47. Obtenido de http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec47/n47_DelMoral-Guzman-Fernandez.html

- Del Moral, M. E., Guzmán, A. P. y Fernández, L. C. (2018). Game-Based Learning: Increasing the Logical-Mathematical, Naturalistic, and Linguistic Learning Levels of Primary School Students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1), 31-39.
<https://doi.org/10.7821/naer.2018.1.248>
- Del Moral, M. E. y Villalustre, L. (2012). Videojuegos e infancia: análisis, evaluación y diseño desde una perspectiva educativa. En A. García Jiménez (Ed.), *Comunicación, infancia y juventud. Situación e investigación en España* (pp. 97-112). Barcelona: UOC.
- Dunlap, P. y Pecore, J. L. (2009). The Effects of Gaming on Middle and High School Biology Students' Content Knowledge and Attitudes toward Science. En L. P. McCoy (Ed.), *Studies in Teaching 2009 Research Digest* (pp. 19-36). Winston-Salem, NC: Wake Forest University.
- Evans, M. A. (2010). Using Commercial-Off-the-Shelf Video Games to Facilitate Habits of Mind: Spore™ in the Seventh Grade. En P. Zemliansky y D. Wilcox (Eds.), *Design and Implementation of Educational Games: Theoretical and Practical Perspectives: Theoretical and Practical Perspectives* (pp. 262-277). Hershey: Information Science Reference.
- Foster, A. (2008). Games and motivation to learn science: Personal identity, applicability, relevance and meaningfulness. *Journal of Interactive Learning Research*, 19(4), 597-614.
- García-Ruiz, M. y Sánchez-Hernández, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos*, 28(114), 61-89. Obtenido de <https://bit.ly/2W5pM7S>
- Garris, R., Ahlers, R. y Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467.
<https://doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Gee J. P. (2008). Being a lion and being a soldier: learning and games. En J. Coiro, M. Knobel, C. Lankshear y D. J. Leu (Eds.), *Handbook of Research on New Literacies* (pp. 1023-1036). Nueva York: Routledge.
- Girard, C., Ecalte, J. y Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: how effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(3), 207-219.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00489.x>
- Guzmán, A. P. y Del Moral, M. E. (2015). *Edutainment y serious games*: entornos lúdicos para potenciar la adquisición de conocimientos científicos. En A. Usón, D. Meziat, L. Bengochea y M. García (Eds.), *Actas VIII Congreso Iberoamericano de Educación Científica y del II Congreso Internacional de Pedagogía Didáctica y TIC aplicadas a la Educación (CIEDUC 2015)* (pp. 676-690). Madrid: Universidad de Alcalá de Henares. <https://bit.ly/2h4X6Zl>
- Haddaway, N. R., Collins, A. M., Coughlin, D. y Kirk, S. (2015). The Role of Google Scholar in Evidence Reviews and Its Applicability to Grey Literature Searching. *PLoS ONE*, 10(9): e0138237.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138237>
- Hainey, T., Connolly, T. M., Boyle, E. A. y Azadegan, A. (2014). A systematic literature review to identify empirical evidence on the use of games-based learning in primary education for knowledge acquisition and content understanding. En *8th European Conference on Games-Based Learning (ECGBL)* (pp. 167-175). Berlín: Academia Conferences, Reading.
- Hainey, T., Connolly, T. M., Boyle, E. A., Wilson, A. y Razak, A. (2016). A systematic literature review of games-based learning empirical evidence in primary education. *Computers & Education*, 102, 201-223.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.001>

- Halevi, G., Moed, H. y Bar-Ilan, J. (2017). Suitability of Google Scholar as a source of scientific information and as a source of data for scientific evaluation. Review of the literature. *Journal of Informetrics*, 11(3), 823-834.
<https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.06.005>
- Halpern, D. F., Millis, K., Graesser, A. C., Butler, H., Forsyth, C. y Cai, Z. (2012). Operation ARA: A computerized learning game that teaches critical thinking and scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 7(2), 93-100.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.03.006>
- Handelsman, J., Ebert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., DeHaan, R., Gentile, J., Lauffer, S., Stewart, J., Tilghman, S. M. y Wood, W. B. (2004). Scientific teaching. *Science*, 304, 521-522.
<https://doi.org/10.1126/science.1096022>
- Harris, D. (2008). *A comparative study of the effect of collaborative problem-solving in a Massively Multi-player Online Game (MMOG) on individual achievement*. Doctoral Dissertations, The University of San Francisco, San Francisco. Obtenido de <http://repository.usfca.edu/diss/260>
- Herrero, D., Del Castillo, H., Monjelat, N., García-Valera, A. B., Checa, M. y Gómez, P. (2014). Evolution and natural selection: learning by playing and reflecting. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 3(1), 26-33.
<https://doi.org/10.7821/naer.3.1.26-33>
- Herrero, M., Del Moral, M. E. y Torralba-Burrial, A. (2017). Aprendizajes científicos y educación ambiental en entornos lúdicos: potencialidad de un videojuego en línea sobre desastres naturales para la educación formal de maestros. En *V Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIVE'17)*. Puerto de la Cruz, Tenerife: ALFAS-Universidad de La Laguna.
- Hickey, D. T., Ingram-Goble, A. A. y Jameson, E. M. (2009). Designing assessments and assessing designs in virtual educational environments. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 187-208.
<https://doi.org/10.1007/s10956-008-9143-1>
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Huizenga, J. C., ten Dam, G. T. M., Voogt, J. M. y Admiraal, W. F. (2017). Teacher perceptions of the value of game-based learning in secondary education. *Computers y Education*, 110, 105-115.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.008>
- Ketelhut, D. J. (2007). The impact of student self-efficacy on scientific inquiry skills: An exploratory investigation in River City, a multi-user virtual environment. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 99-111.
<https://doi.org/10.1007/s10956-006-9038-y>
- Ketelhut, D. J., Nelson, B. C., Clarke, J. y Dede, C. (2010). A multi-user virtual environment for building and assessing higher order inquiry skills in science. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 56-68.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01036.x>
- Kuo, M. J. (2007). How does an online game based learning environment promote students' intrinsic motivation for learning natural science and how does it affect their learning outcomes? En T.-W. Chan, A. Paiva, D. W. Shaffer, Kinshuk y J.-C. Yang (Eds.), *DIGITEL2007 The First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning* (pp. 135-142). Jhongli, Taiwan: IEEE Computer Society.
<https://doi.org/10.1109/digitel.2007.28>

- Loula, A. C., de Castro, L. N., Apolinário, A. L., da Rocha, P. L. B., Carneiro, M. C. L., Reis, V. P. G. S., Machado, R. F., Sepulveda C. y El-Hani, C. N. (2014). Modeling a virtual world for the educational game Calangos. *International Journal of Computer Games Technology*, articleID382396, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2014/382396>
- Marino, M. T., Israel, M., Beecher, C. C., Basham, J. D. (2013). Students' and teachers' perceptions of using video games to enhance science instructions. *Journal of Science Education and Technology*, 22(5), 667-680. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9421-9>
- Mayo, M. J. (2009). Video games: A route to large-scale STEM education? *Science*, 323(5910), 79-82. <https://doi.org/10.1126/science.1166900>
- Mellado, M., Roa, J., Báez, M., Carpinelli, J., Garretón, V., Mercovich, E. y Szwarcberg, M. (2014). Kokori, set de herramientas TIC gratuito para la enseñanza y aprendizaje en biología celular. En J. Asenjo, O. Macías y J. C. Toscano (Eds.), *Memorias del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*, 278, 1-19. Buenos Aires: Organización de Estados Iberoamericanos.
- Morris, B. J., Croker, S., Zimmerman, C., Gill, D. y Romig, C. (2013). Gaming science: the «Gamification» of scientific thinking. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00607>
- National Research Council (2011). *Learning science through computer games and simulations*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13078>
- Ouariachi, T., Olvera-Lobo, M. D. y Gutiérrez-Pérez, J. (2017). Evaluación de juegos online para la enseñanza y aprendizaje del cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 193-214. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2088>
- Quinn, F., Doyle, H. y Lyons, T. (2012). MUVE-ing pre-service teachers into the future. En M. Brown, M. Hartnett, y T. Stewart (Eds.), *ASCILITE 2012: Future Challenges, Sustainable Futures* (pp. 748-755). Wellington: Massey University y ASCILITE.
- Shute, V. J. y Rahimi, S. (2017). Review of computer-based assessment for learning in elementary and secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(1), 1-19. <https://doi.org/10.1111/jcal.12172>
- Solano, L. y Santacruz, L. P. (2017). Aprendizaje basado en videojuegos con eAdventure. *V Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIVE' 17)*. Puerto de la Cruz, Tenerife: ALFAS-Universidad de La Laguna.
- Tobin, K., Tippins, D. J. y Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. En D. J. Gagel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45-93). Nueva York: Macmillan.
- Tsai, F. H., Kuang-Chao, Y. y Hsiao, H. S. (2012). Exploring the factors influencing learning effectiveness in digital game-based learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(3), 240-250.
- Wang, T. H. (2008). Web-based quiz-game-like formative assessment: Development and evaluation. *Computers and Education*, 51(3), 1247-1263. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.11.011>
- Wang, T. H. (2010). Web-based dynamic assessment: Taking assessment as teaching and learning strategy for improving students' e-Learning effectiveness. *Computers & Education*, 54, 1157-1166. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.001>
- Wang, T. H. (2011). Developing Web-based assessment strategies for facilitating junior high school students to perform self-regulated learning in an e-Learning environment. *Computers & Education*, 57, 1801-1812. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.003>

- Wilson, C. D., Reichsman, F., Mutch-Jones, K., Gardner, A., Marchi, L., Kowalski, S., Lord, T. y Dorsey, C. (2018). Teacher Implementation and the Impact of Game-Based Science Curriculum Materials. *Journal of Science Education and Technology*, 27(4), 285-305.
<https://doi.org/10.1007/s10956-017-9724-y>
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H. y van der Spek, E. D. (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>
- Wrzesien, M. y Alcañiz, M. (2010). Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the E-Junior project. *Computers & Education*, 55(1), 178-187.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.01.003>
- Young, M. F., Slota, S., Cutter, A. B., Jalette, G., Mullin, G., Lai, B., Simeoni, Z., Tran, M. y Yukhymenko, M. (2012). Our princess is in another castle: A review of trends in serious gaming for education. *Review of Educational Research*, 82(1), 61-89.
<https://doi.org/10.3102/0034654312436980>

Review of papers on the use of digital games for life sciences teaching in Primary and Secondary Education

Mónica Herrero Vázquez, Antonio Torralba-Burrial, M. Esther del Moral Pérez
Dpto. de Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo, Principado de Asturias, España.
herreromonica@uniovi.es, torralbaantonio@uniovi.es, emoral@uniovi.es

In recent years, video games and recreational simulations are being considered as interesting teaching tools to favour science learning (Barab y Dede, 2007; Wilson et al., 2018). As reported, they potentially contribute to increasing levels of students' understanding of scientific concepts (Chuang y Cheng, 2009; May, 2009), encouraging positive and motivating attitudes towards science (Foster, 2008; García-Ruiz y Sánchez-Hernández, 2006; Garris, Ahlers y Driskell, 2002), developing scientific thinking, reasoning and argumentation (Halpern, Millis, Graesser, Butler, Forsyth y Cai, 2012; Wilson et al., 2018).

But it should be highlighted that the meta-analysis carried out by Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp and van der Spek (2013) showed that, in biology, learning was not more effective than with non-playful conditions. Therefore, greater attention to this issue should be paid among the teaching community (Wilson et al., 2018).

The objective of this paper is: *a*) to carry out a review of published research aimed at verifying impacts of the use of digital games in life sciences teaching at primary and secondary education, *b*) to analyse the research designs in order to identify contexts and didactic strategies contributing to scientific learning.

Literature review was performed by Google Scholar web search engine. The review was conducted during the last third of 2017 and the beginning of 2018, making iterative searches combining keywords related to digital games (serious games, *videojuegos*, video games, digital games, educational games, *juegos educativos*, computer-based, game-based) and the educational level (*Educación Primaria*, Primary Education, Elementary Education, *Educación Secundaria*, Middle Education, Secondary Education...). The definition of digital game as understood by Young et al. (2012) was followed.

The resulting sample consisted of 27 articles analysing life sciences didactics experiences of 26 digital educational games at primary and secondary education (table 1).

Only 67 % of the reports that were reviewed provide sufficient data for the evaluation of the teaching experience, either influencing the acquisition of knowledge or skills, the students' motivation, or both. A description of such research works is indicated in table 2.

Results showed that almost one third of the digital games addressed more than one discipline of life sciences. Ecology, understood as the study of interactions among organisms and their environment, was the most frequent discipline treated (38 %), followed by zoology, genetics, cell biology and biomedicine.

From a didactic perspective, although reports emphasize the potential of educational digital games to facilitate life sciences learning, only a few of them allow us to identify didactic strategies that favour scientific learning. It is interesting to analyse both the adaptation of the game to the didactic objectives and the most effective didactic strategies to implement them.

Above all, more rigour is required for their assessment, which appears to be very confusing. Most studies reported motivational enhancement, but only a few of them show significant achievements in scientific learning.

In order to advance on the didactic use of video games, reports with mixed designs should pay especial attention to: *a*) teaching aspects such as the teacher's role and the rigorous selection of the digital game; *b*) methodological aspects of experimental designs, such as the choice of the control group (CG) and the alternative didactic methodologies for the CG.

Finally, it is important to highlight that the ultimate objective of digital games in the classroom should be aimed at facilitating the acquisition of scientific competences in a more effective way, avoiding the advocacy of a unique didactic strategy. As Hodson (2014) points out, not all objectives in science teaching (learning science, learning about science, learning how to do science and learning socio-scientific issues) can be achieved by using the same type of intervention. The use of these novel resources in formal education should be added to other active strategies when looking for more effective learning outcomes.

