

Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle
Vol. 15, No. 57, Enero-Junio, 2022: 29-58
DOI: <http://doi.org/10.26457/recein.v15i57.302>

Educación ambiental a partir de juegos serios. Una revisión sistemática de literatura

Environmental education from serious games. A systematic literature review

Juan Carlos Pérez Arriaga¹

Universidad Veracruzana (México)

Erick Acosta-Flores

Universidad Mesoamericana de Córdoba (México)

Ana Lucia Maldonado González

Universidad Veracruzana (México)

Blanca Lilia Acuña Bustamante

Universidad Veracruzana (México)

Recibido: 17 de julio de 2021

Aceptado: 05 de abril de 2022

Publicado: 09 de mayo de 2022

Resumen

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) cobra relevancia en la educación. Interesa conocer las múltiples posibilidades digitales para incorporar estrategias de aprendizaje mediadas por la tecnología, como pueden ser los juegos serios. El artículo presenta una revisión sistemática de literatura y permite identificar

¹ Email: juaperez@uv.mx



aprendizajes derivados de juegos serios en educación ambiental. Los resultados de la revisión permitieron esclarecer cada pregunta de investigación, descubriendo una relación entre los entornos personales de aprendizaje, con el compromiso y participación de los distintos participantes, hacia temas relacionados con el medio ambiente. Al mismo tiempo, se identifica la influencia de la gamificación para la educación ambiental en distintas edades y contextos, aunque con mayor afinidad en los jóvenes. Finalmente, se destacan algunos enfoques teóricos, metodológicos y educativos, abordados en los estudios analizados, mediante el uso de los también denominados videojuegos educativos.

Palabras clave: Educación ambiental; entornos personales de aprendizaje; videojuegos educativos.

Abstract

The use of information and communication technologies (ICT) is becoming relevant in education. It is interesting to know the multiple digital possibilities to incorporate learning strategies mediated by technology, such as serious games. The article presents a systematic literature review and allows to identify of learnings derived from serious games in environmental education. The systematic review results clarified each research question, discovering a relationship between personal learning environments and the empowerment of people towards issues related to the environment. At the same time, it is identified the influence of gamification within environmental education, although of greater affinity among young people. Finally, some theoretical, methodological, and educational approaches are highlighted, addressed in the studies analyzed, through the use of the so-called educational video games.

Keywords: Environmental education; personal learning environments; educational video game.

Introducción

La inclusión de estrategias de aprendizaje mediadas por tecnología ha tomado relevancia a partir del notable crecimiento de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), así como de la necesidad de formar personas en distintos ámbitos donde las TIC contribuyan a la adopción de formas disruptivas de educación. En la actualidad no solo se requiere que los individuos sean consumidores de tecnología; también es fundamental que se desarrollen habilidades para el correcto uso de las TIC que permita disminuir la brecha digital en términos de educación, al mismo tiempo dichos individuos contribuyen en la atención y solución de problemas del mundo moderno. (Edel-Navarro, 2017)

Los juegos serios son videojuegos diseñados con la finalidad de contribuir a la mejora del aprendizaje en distintos dominios como: ciencias sociales, capacitación, resolución de problemas, entre otros (Laamarti et al., 2014). El surgimiento de los juegos serios como iniciativa centrada en el uso de computadoras y videojuegos para fines distintos al entretenimiento, ha despertado el interés de educadores que buscan el diseño de estrategias lúdicas para el desarrollo de competencias en los estudiantes, donde por motivos de seguridad, costo y tiempo, no es posible desarrollar dichas competencias en escenarios reales (Susi et al., 2007). Los juegos serios en el contexto de cambio climático han sido estudiados desde distintas perspectivas, sin embargo, existen áreas de oportunidad que representan un reto para los diseñadores en relación con las características que dichos juegos deben implementar para lograr un impacto en los jugadores (Fernández y Hamari, 2021).

A partir del año 2019, la Organización de las Naciones Unidas determina algunos objetivos clave que deben ser atendidos de forma prioritaria, entre los que destaca la atención al cambio climático. Es así, que el desarrollo de estrategias orientadas a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, entre otras acciones, cobra total relevancia. En esta revisión de la literatura se plasma la necesidad de identificar actividades relacionadas con el diseño de juegos serios en contextos educativos, que contribuyan a la Educación Ambiental (EA); al mismo tiempo que se abordan los distintos enfoques que dan origen al diseño de juegos serios, entre los que se pueden mencionar aquellos catalogados como: de diseño, pedagógico, tecnológico, educativo, entre otros.

Como primer paso se realiza la búsqueda de revisiones similares con la finalidad de conocer los resultados de estudios secundarios relacionados con el tema central de diseño

de juegos serios y contextos educativos en materia ambiental. De esta búsqueda preliminar, se identifica la investigación realizada por Lai y Bower (2020), en el que se analizan 73 estudios secundarios enfocados en el uso de tecnología y contextos educativos, sin contemplar el aspecto ambiental. Adicionalmente, en el trabajo conducido por Flood et al. (2018) se identifican estudios relacionados con el uso de juegos serios en la adaptación al cambio climático y la toma de decisiones por parte de distintos organismos. En dicho análisis no se aborda como alguno de los objetivos, la identificación del enfoque de desarrollo de dichos juegos.

La presente revisión se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, se describe el método seguido para la conducción de la revisión, así como el análisis cuantitativo y cualitativo de los estudios encontrados. Paso seguido, se aborda la discusión en donde se describen los métodos, enfoques y contextos identificados que sirvan de base para el diseño de estrategias para el desarrollo de juegos serios enfocados a la EA.

1. Método

Las revisiones sistemáticas de la literatura son mecanismos que permiten el análisis de fuentes de información, con la finalidad de definir una base de conocimiento que contemple la evidencia reciente de un campo o área en específico. Para la estructura de la presente revisión sistemática, se definen los siguientes puntos: 1) se plantean las preguntas de investigación, así como los términos que definen la cadena de búsqueda, a partir de la cual, se identifican los estudios relevantes; 2), se definen los criterios de inclusión y exclusión para decidir cuáles estudios formarán parte del análisis previo al reporte de resultados. (Kitchenham et al., 2009)

1.1. Preguntas de investigación

La revisión sistemática, tiene como objetivo establecer el cuerpo de conocimiento o estado del arte relacionado con los entornos de aprendizaje de jóvenes, el medio ambiente y el uso de juegos serios como medio para reforzar dicho aprendizaje a través de la participación lúdica en temas actuales de interés. Para la elaboración de la revisión se definen las siguientes preguntas (Tabla 1).

Tabla 1
Preguntas de investigación

| Identificador | Pregunta de investigación |
|----------------------|--|
| PI-si | ¿Cuáles son los distintos entornos personales de aprendizajes relacionados con el medio ambiente, reconocidos por los jóvenes cursando estudios de educación superior, a partir de las TIC y específicamente de videojuegos o juegos serios, si su fin es educativo? |
| PI-2 | ¿Cómo influyen los juegos serios en EA en los aprendizajes y de los jóvenes? |
| PI-3 | ¿Qué características identifican los jóvenes dentro de las que pueden llamar su atención tanto en el diseño como en la interfaz en juegos serios y videojuegos con contenido ambiental? |
| PI-4 | ¿Cuáles juegos serios o videojuegos han sido analizados y desde qué enfoques: educativo, diseño y comunicación visual, ¿interfaz? |

Fuente: elaboración propia

1.2. Proceso de búsqueda

A partir de la definición de las preguntas de investigación se identifican los siguientes términos relacionados, mismos que forman parte de la cadena de búsqueda resultante para este estudio (Tabla 2).

Tabla 2
Términos de búsqueda

| Término | Términos relacionados |
|-------------------------------|---|
| Personal learning environment | PLE |
| Serious games | Educational videogames, game-based learning |
| Environmental learning | Environmental education |
| Higher Education | University |

| | |
|---------------------|---|
| Game design | Interface design, design methods, design approach |
| Learning evaluation | Learning measurement, learning results |

Fuente: elaboración propia

Mediante el uso de los términos listados con anterioridad, se definen las cadenas de búsqueda candidatas. Para efectos de esta revisión, se realizó una búsqueda preliminar en las bases de datos accesibles institucionalmente, mismas que se mencionan a continuación: Science Direct; Wiley, IEEEXplore y ACM (Véase Tabla 3).

Tabla 3
Cadenas de búsqueda candidatas

| Identificador | Cadena de búsqueda |
|---------------|--|
| CB1 | ((“Personal learning environment” OR “PLE”) OR (“environmental learning” OR “environmental education” OR “climate change” OR “global warming”)) AND “higher education” AND (“serious games” OR “videogames” OR “game design” OR “game-based”) |
| CB2 | RQ1= (“serious games” OR “videogames” OR “game design” OR “game-based learning”) AND (“environmental learning” OR “environmental education” OR “climate change” OR “global warming”) AND (“higher education” OR (“Personal learning environment” OR “PLE”)) |
| CB3 | (“serious games” OR “videogames” OR “game design” OR “game-based learning”) AND (“environmental learning” OR “environmental education” OR “climate change”) AND (“Personal learning environment” OR “PLE”) |
| CB4 | [[All: "personal learning environment"] OR [All: "ple"] OR [All: "environmental learning"] OR [All: "environmental education"] OR [All: "climate change"] OR [All: "global warming"]] AND [All: "university"] AND [[All: "serious games"] OR [All: "videogames"] OR [All: "game design"] OR [All: "game-based"]] |

Fuente: elaboración propia

1.3. Cadena de búsqueda definida

Una vez analizados los resultados de la revisión preliminar, se define la cadena de búsqueda principal, la cual se introdujo en las distintas fuentes de búsqueda descritas en la Tabla 4.

("environmental learning" OR "environmental education" OR "climate change" OR "global warming") AND ("university") AND ("serious games" OR "videogames" OR "game design" OR "game-based")

Tabla 4
Fuentes de búsqueda

| Fuente | Motivo de elección |
|--------------------------------|---|
| Scopus | Scopus es la base de datos más grande de citación y revisión por pares de literatura de: artículos científicos, libros y conferencias. |
| Web of Science | Es uno de los índices de revistas científicas de alto impacto más importantes, que provee acceso a artículos del área de ingeniería de software. |
| Science Direct | Provee acceso a artículos de investigación de varias áreas incluyendo ciencias de la computación. |
| Wiley | Es una colección multidisciplinaria de publicaciones de la editorial Wiley, incluye dentro de su colección documentos del área de ciencias de la computación. |
| Springer Link | Provee acceso a millones de documentos científicos, incluyendo artículos. |
| IEEEExplore Digital Library | Es una asociación internacional dedicada a la estandarización en muchas áreas de ingeniería, incluida la ciencia de la computación. |
| ACM Digital Library | Es una sociedad de interés académico y escolar para ciencias de computación. |

Fuente: elaboración propia

1.4. Proceso de selección

Antes de realizar la conducción de la revisión, se definen los criterios de exclusión e inclusión que permiten seleccionar los estudios primarios. Para realizar lo anterior se procedió a realizar la lectura del título, resumen o *abstract* y en caso de tener alguna duda, fue necesario hacer una lectura rápida del estudio para determinar si sería viable su inclusión en la lista final (Tabla 5).

Tabla 5
Criterios de inclusión y exclusión

| Identificador | Criterio de inclusión |
|------------------------------|--|
| CI1 | Se incluyen estudios de 2015 a 2021 |
| CI2 | El artículo debe estar publicado en el idioma inglés |
| CI3 | El estudio debe ser realizado dentro del contexto de educación |
| CI4 | Contenga al menos 2 términos de búsqueda en el título o <i>abstract</i> |
| CI5 | Que responda al menos a una pregunta de investigación |
| CI6 | Que se tenga acceso al documento completo del estudio |
| Criterio de exclusión | |
| CE1 | Presentaciones, posters, talleres o workshops no se considerarán |
| CE2 | Se excluirán estudios que se repitan en las distintas fuentes |
| CE3 | Estudios que no incluyan enfoques metodológicos, resultados y coherencia entre ambos serán excluidos |

Fuente: elaboración propia

Con la finalidad de tener una idea clara sobre el aporte de los estudios a la investigación se definen algunas categorías analíticas en las que cada estudio primario deberá aportar para contar con una clasificación que permita realizar la síntesis de resultados. En la Tabla 6 se definen las categorías en cuestión y en la Tabla 7, se muestran los resultados de la etapa de selección.

Tabla 6
Categorías analíticas predefinidas

| Categoría Analítica | Descripción |
|---|--|
| Aprendizajes mediados por juegos serios | Aprendizajes reflexivos, significativos, situados que se reportan en las investigaciones a partir de la práctica experiencial con juegos serios en distintos grupos de participantes |
| Enfoques teóricos | Enfoques teóricos que sustentan las distintas propuestas identificadas en los estudios primarios |
| Aplicación de juegos serios en la educación, de manera curricular o extracurricular | Juegos serios en educación formal o no formal; dentro o fuera del aula |
| EA con juegos serios | Prácticas de EA que utilizan juegos serios |
| Tipos de juegos serios en EA que identifica el artículo | Descripción de juegos serios en EA o en su defecto sitios web de estos juegos serios |
| Temáticas abordadas por los juegos serios en EA | Cambio climático y energías, sistemas socio ecológicos y sustentabilidad, agua, desechos, entre otros temas |
| Impacto en el aprendizaje | Se identifican riesgos de contenidos maliciosos, falsos, erróneos, tendenciosos |
| Concepto de diseño | El estudio describe el concepto del videojuego, género, principios de diseño aplicados, diseño de interfaz, Jugabilidad |
| Métodos de evaluación del videojuego | El estudio indica los métodos de evaluación para usabilidad, diseño de interacción, escalabilidad en otros medios (ejecutarse en otros dispositivos o plataformas) |

Fuente: elaboración propia

Tabla 7
Resultados de la etapa de selección

| Fuente | Total de resultados | Cantidad de estudios aceptados | Cantidad de estudios descartados |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|
| Science Direct | 58 | 7 | 51 |
| Wiley | 84 | 6 | 78 |
| IEEEExplore Digital Library | 7 | 2 | 5 |
| ACM Digital Library | 69 | 9 | 60 |
| MDPI | 58 | 9 | 49 |
| Total de artículos | 276 | 33 | 243 |

Fuente: elaboración propia

1.5. Extracción de datos

Para la recopilación de información relevante de los estudios primarios se define el formato de extracción de datos de la Tabla 8. La finalidad de este formato está orientada a mantener una estructura uniforme que permita concentrar la información relevante para la investigación y que sirva como base para realizar el análisis y reporte de resultados.

Tabla 8
Formato para la extracción de datos

| Datos Generales |
|--|
| Referencia bibliográfica de la publicación (incluir DOI) |
| Pertinencia para la investigación en cuanto a enfoques teóricos, metodológicos, educación, diseño, interfaz, contexto, población |
| Palabras clave |

Planteamiento general del problema de investigación.

Objetivos y/o Preguntas de Investigación

Contexto (país, estado) Contexto escolar, comunitario, educación formal, no formal, informal

Participantes en investigación. Jóvenes, profesores, comunidad, estudiantes de algún nivel educativo específico

Enfoques teórico- conceptuales y autores referidos como sustento

Metodología utilizada

Resultados concluyentes

Fuente: elaboración propia

Posterior a la ejecución del proceso de selección y a la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron los estudios listados en la Tabla 9.

Tabla 9
Artículos seleccionados para la SRL

| ID | Título | Referencia |
|----|---|---|
| 1 | Future Delta 2.0 an Experiential Learning Context for a Serious Game about Local Climate Change | (Angel et al., 2015) |
| 2 | Designing a Video Game to Support Climate Change Awareness in a Museum Exhibition Context | (Barcena-vazquez y Caro, 2007) |
| 3 | Exploring Emerging Design Patterns in Student-Made Climate Change Games | (Barnes et al., 2017.) |
| 4 | Maximizing Player Engagement in a Global Warming Sensitization Video Game Through Reinforcement Learning | (Boudreault y Bouchard, 2018) |
| 5 | Ice Paddles, CO2 Invaders, and Exploding Planets: How Young Students Transform Climate Science Into Serious Games | (Troiano, Schouten, Cassidy, Tucker-raymond, et al., 2020a) |

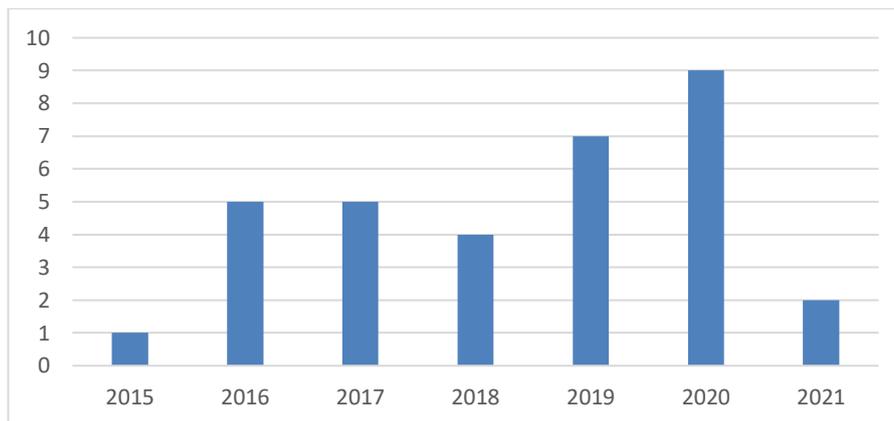
| ID | Título | Referencia |
|----|---|---|
| 6 | All Good Things Come in Threes: Assessing Student-Designed Games via Triadic Game Design | (Troiano, Schouten, Cassidy, Tucker-Raymond, et al., 2020b) |
| 7 | Echo Chamber: A Persuasive Game on Climate Change Rhetoric | (Burch, 2016) |
| 8 | Lost city of mer: VR experience | (Gregory et al., 2019) |
| 9 | Finding Frogs: Using Game-Based Learning to Increase Environmental Awareness | (Polys et al., 2017) |
| 10 | Assessing Computational Thinking in Students' Game Designs | (Hoover et al., 2016) |
| 11 | Save the Planets: A Multipurpose Serious Game to Raise Environmental Awareness and to Initiate Change | (Özgen et al., 2020) |
| 12 | Focus groups and serious gaming in CC | (Wibeck, 2020) |
| 13 | A frame-reflective discourse analysis for SG | (Mayer et al., 2016) |
| 14 | Using SG to facilitate collaborative water management | (Bathke et al., 2019a) |
| 15 | Evaluation of technology use in education | (Lai y Bower, 2020) |
| 16 | Serious-Games-for-Integral-Sustainable-Design | (Moloney et al., 2017) |
| 17 | Gaming climate change: assessing online climate change games targeting youth produced in Spanish | (Ouariachi et al., 2017) |
| 18 | The Virtual River Game: Gaming using models to collaboratively explore river management complexity | (Haan et al., 2020) |
| 19 | The effect of challenge-based gamification on learning: An experiment in the context of statistics education. | (Legaki et al., 2020) |
| 20 | Cap-and-Trade: Understanding and Teaching a Market-Based Approach to Natural Resource Allocation | (Jin et al., 2016) |
| 21 | Training engineers for innovation: Pedagogical initiatives for new challenges | (Lemaître, 2019) |
| 22 | Pursuing softer urban mobility behaviors through game-based apps | (Di Dio et al., 2020) |

| ID | Título | Referencia |
|----|---|---------------------------------------|
| 23 | WeShareIt Game: Strategic foresight for climate-change induced disaster risk reduction | (Onencan, Van De Walle, et al., 2016) |
| 24 | Socio-Psychological Perspectives on the Potential for Serious Games to Promote Transcendental Values in IWRM Decision-Making | (Marini et al., 2018) |
| 25 | The Role of Simulation and Serious Games in Teaching Concepts on Circular Economy and Sustainable Energy | (Torre et al., 2021) |
| 26 | Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help? | (Mei y Yang, 2019) |
| 27 | Promoting Elementary Pupils' Learning Motivation in Environmental Education with Mobile Inquiry Oriented Ambience-Aware Fieldwork | (Jong, 2020) |
| 28 | Playing for a Sustainable Future: The Case of We Energy Game as an Educational Practice | (Ouariachi et al., 2018) |
| 29 | How Big Is My Carbon Footprint Understanding Young People's Engagement with Climate Change Education | (Ross et al., 2021) |
| 30 | Serious Gaming for Climate Adaptation—Assessing the Potential and Challenges of a Digital Serious Game for Urban Climate Adaptation | (Neset et al., 2020) |
| 31 | Higher Education Students' Assessments towards Gamification and Sustainability A Case Study | (Santos-Villalba et al., 2020) |
| 32 | Exploring the Role of Relational Practices in Water Governance Using a Game-Based Approach | (Magnuszewski et al., 2018) |
| 33 | A gamified platform for energy feedback and usage forecasting | (Diab et al., 2017) |

Fuente: elaboración propia

De los estudios seleccionados se identifica que entre los años 2019 y 2020 se encuentran la mayoría de los artículos, quedando la distribución por años como se muestra en la Figura 1.

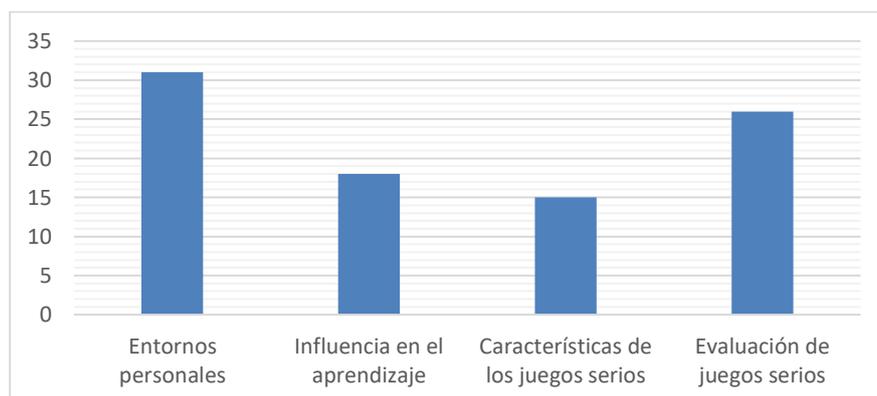
Figura 1.
Estudios seleccionados por año



Nota. El gráfico muestra la distribución de artículos por año. Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, después de la lectura de los artículos se identificaron que los temas ligados a las preguntas de investigación se distribuyen como se muestra en la figura 2.

Figura 2.
Estudios seleccionados que responden a preguntas



Nota. En el gráfico se muestra la distribución de los estudios relacionados con los temas de las preguntas de investigación. Fuente: elaboración propia

2. Preguntas de investigación y pistas a partir de la revisión sistemática de literatura

A partir de la revisión de la literatura se identificaron los estudios primarios que contribuyen sustancialmente a la investigación. Las pistas de respuestas a cada pregunta de investigación se describen a continuación.

2.1. ¿Cuáles son los distintos entornos personales de aprendizajes relacionados con el medio ambiente, reconocidos por los jóvenes cursando estudios de educación superior, a partir de las TIC y específicamente de videojuegos o juegos serios, si su fin es educativo?

La creación de entornos para fomentar el empoderamiento de las personas en temas relacionados con el clima y medioambiente permite la participación en actividades que influyen directamente en el bienestar del lugar y la comunidad. A partir de estas acciones es más probable que las personas se preocupen por el impacto de éstas. La evidencia muestra que a través del uso de juegos serios como “Future Delta 2.0” los estudiantes se interesan en actividades relacionadas con cambio climático, al mismo tiempo que prefieren esta forma de aprendizaje en comparación con el aprendizaje a partir de libros (Angel et al., 2015)

En el trabajo propuesto por Barcena-vazquez y Caro (2007) se utilizan entornos físicos asociados al uso de juegos serios para reforzar el aprendizaje de los participantes en esta dinámica. A través de la metodología de pensamiento de diseño, se propone el desarrollo del juego “Reto Global” que tiene como finalidad contribuir a la generación de consciencia sobre el cambio climático. En los resultados presentados en el trabajo se visualiza la ausencia en la claridad en cómo las personas perciben el cambio climático y sus efectos.

Estudios muestran que mediante la participación pública se fortalece la toma de decisiones a través de colaboración entre gobiernos, organizaciones y corporaciones. Mediante la participación pública usualmente se refuerzan valores que le permiten a la población ejercer el derecho de participar en la toma de decisiones que afecten sus vidas. Esta participación inicia desde que los individuos se involucran en obtener información relacionada con la toma de decisiones, para posteriormente llevar a cabo acciones en foros de consulta, talleres y en la elaboración de iniciativas. Lo anterior evidencia que mediante estrategias de participación pública se genera un entorno de aprendizaje orientado a mejorar el entorno a través de una correcta e informada toma de decisiones. (Bathke et al., 2019a)

Incorporar actividades lúdicas en ambientes de aprendizaje contribuye a alcanzar los objetivos de aprendizaje por los estudiantes. En el trabajo de Legaki et al. (2020) se aborda el uso de una herramienta llamada *Horses for Courses* como apoyo en la enseñanza de predicciones estadísticas. El objetivo de este trabajo es mantener la motivación de los estudiantes para participar y mejorar la forma en que se alcanzan los objetivos de aprendizaje en el curso. Los resultados de los experimentos descritos en el trabajo muestran que los grupos que utilizaron la aplicación, en conjunto con materiales de lectura, alcanzaron mejores promedios de rendimiento 58.05 de 100. Adicionalmente, los grupos que solo utilizaron la aplicación alcanzaron un promedio de 52.55 de 100. Finalmente, el grupo que solo utilizó material de lectura obtuvo el promedio más bajo 46.13 de 100.

El uso de tecnologías de vanguardia como la realidad aumentada, ha cobrado interés por parte de algunos investigadores, esto como resultado del incremento en el uso de los dispositivos móviles por parte de estudiantes universitarios. En la actualidad, existen opiniones encontradas sobre la influencia positiva o negativa del uso de teléfonos inteligentes en el aprendizaje de los estudiantes. Para algunos investigadores, el uso de dispositivos móviles contribuye al logro de objetivos de aprendizaje de los estudiantes. Mei y Yang (2019) abordan el uso de tecnologías móviles y realidad aumentada para diseñar estrategias de enseñanza – aprendizaje colaborativas, con la finalidad de incrementar el grado de involucramiento de los estudiantes con el ambiente de aprendizaje. El experimento consistió en proporcionar un teléfono inteligente con acceso a internet a dos equipos de estudiantes, para alcanzar destinos geo-referenciados y al mismo tiempo desbloquear destinos adicionales para visitarlos. Los resultados descritos a partir de la participación de 98 estudiantes mostraron que el uso de dispositivos móviles y realidad aumentada como apoyo al currículo de la universidad, es útil para alcanzar los objetivos de aprendizaje en los participantes.

2.2. ¿Cómo influyen los juegos serios en EA en los aprendizajes y de los jóvenes?

En el trabajo de Angel et al. (2015) menciona al aprendizaje experiencial como uno de los mecanismos que permitan a los participantes desarrollar estrategias para búsqueda de soluciones a los problemas de cambio climático de tal forma que, a través del uso de juegos serios se busca reforzar el sentido de urgencia ante ciertos problemas de interés.

El uso de participación pública en el uso de juegos serios permite la adquisición de conocimiento nuevo sobre el manejo de recursos hídricos, así como la necesidad de realizar inversión económica que busque mitigar los efectos de sequía e inundaciones que afecten la calidad del agua. Los participantes en el juego *Multi-risk Tournament* manifiestan un cambio en la consciencia sobre el manejo y cuidado del agua y su calidad. (Bathke et al., 2019b)

Los juegos serios han sido utilizados también para estimular el aprendizaje social en el contexto del cuidado del ambiente, tal es el caso del juego serio *Virtual River Game*, que tiene como finalidad el soporte colaborativo de interesados en explorar la complejidad de la administración de ríos en Holanda (Haan et al., 2020). En el mismo orden de ideas, el juego *Lost City of Mers* propone el uso de elementos virtuales para fomentar el aprendizaje en términos de la disminución de la huella de carbono de los jugadores. (Gregory et al., 2019)

En el contexto económico se evidencia el uso de juegos serios para apoyar a los estudiantes universitarios en la comprensión de los principios de las ciencias aplicadas que permiten la asignación de recursos naturales desde un enfoque de comercio. El enfoque principal de estos trabajos se centra en el establecimiento de una cantidad máxima de recursos que pueden ser utilizados de manera segura en un periodo de tiempo. El jugador tiene que tomar decisiones con base en el cuidado de los recursos disponibles, así como en la manera en el que los recursos serán comercializados. (Jin et al., 2016). Adicionalmente, se presentan esfuerzos orientados a hacer uso de los juegos serios como un mecanismo para fomentar la reflexión de los jugadores al momento de tomar decisiones, que resulten en un cambio de mentalidad para salir de la zona de confort y hábitos establecidos. Lo anterior a partir de un enfoque de aprendizaje basado en la resolución de problemas. (Lemaître, 2019)

Por otra parte, en la búsqueda de reforzar el aprendizaje y la forma en que se alcanzan los objetivos determinados en este proceso, se analiza el uso de métodos de gamificación en combinación con métodos tradicionales de enseñanza. A través del uso de mecanismos como cuestionarios y entrevistas se evalúa el impacto del uso de juegos para motivar la participación de estudiantes en el uso de estas aplicaciones. El juego *RaceHorses* desarrollado por Legaki et al. (2020) es una muestra de estas estrategias.

En el ámbito de generación de políticas para la toma de decisiones en temas relevantes, se plantea el uso de juegos serios, tal es el caso del juego *WeShareit* que tiene como objetivo el apoyo en la toma de decisiones a partir de la identificación sobre temáticas de interés que implique algún riesgo relacionado con el cambio climático. En el proyecto se describen cuatro mecánicas principales: definición de interacciones, múltiples actores, dilemas sociales y efectos o consecuencias. (Onencan, Walle, et al., 2016)

En el trabajo expuesto por Troiano et al. (2020a) se analizan 391 juegos serios diseñados por estudiantes, de los cuales se evalúa un subconjunto de 20 juegos con expertos en cambio climático. El estudio destaca que para que un estudiante pueda diseñar juegos serios, es necesario que éste, cuente con un entendimiento completo sobre el contenido del juego, lo que implica que el estudiante incremente su motivación en el aprendizaje de temas nuevos. Así mismo, se identifican aspectos pedagógicos que representan áreas de oportunidad para que educadores constructivistas logren que los estudiantes puedan diseñar juegos serios balanceados. Entre los aspectos pedagógicos antes mencionados destacan: permitir que los estudiantes se concentren en el contenido del juego en vez de diseñar aspectos visuales, hacer que los estudiantes reflexionen en la forma de integrar la realidad y la mecánica del juego, proporcionar a los estudiantes estándares de referencia (como ejemplos de juegos serios) y definir heurísticas que permitan la evaluación sistemática del juego.

En el trabajo de Burch (2016) se desarrolló un juego serio *Echo Chamber* enfocado en mejorar la forma en que se comunican los efectos del cambio climático a través de tres principios: traducir los datos científicos en ejemplos concretos, atender la incertidumbre científica y cuidar el uso excesivo de aspectos emocionales. Los resultados de evaluación del juego muestran que *Echo Chamber* no tuvo impacto relevante en la empatía de los jugadores, sin embargo, los datos sugieren que el juego tuvo un efecto persuasivo en los estudiantes, así como una mejora en los métodos de comunicación utilizados por estos.

En términos de movilidad y sustentabilidad se identifican estudios que abordan la relevancia de mejorar la configuración de ciudades con la finalidad de abatir los niveles de contaminación generados por la intensidad del tráfico. Di-Dio et al. (2020) describe el proyecto *TraffiCO2*, que está orientado a mejorar las condiciones de tráfico en ciudades mediante el uso de redes sociales apoyadas con tecnologías móviles. Los resultados obtenidos a partir de una muestra de 311 estudiantes de universidades muestran que las

actividades de caminata y uso de bicicleta aumentaron en comparación con el uso de otros medios de transporte como automóviles o motocicletas.

2.3. ¿Qué características identifican los jóvenes dentro de las que pueden llamar su atención tanto en el diseño como en la interfaz en juegos serios y videojuegos con contenido ambiental?

Como parte de los resultados del análisis de la información, se identifica el uso de estrategias de evaluación que permitan conocer los patrones de diseño utilizados por los creadores de juegos, para el desarrollo de juegos serios. Así mismo, en el trabajo de Barnes et al. (2017) se identifican las temáticas o códigos a partir de un análisis de 19 juegos serios en donde destacan los siguientes términos categorizados en tres aspectos fundamentales: realidad, significado y juego (Tabla 10).

Tabla 10
Temas o códigos relacionados con juegos serios

| Realidad | Significado | Tema |
|---|---|--|
| Bosques: deforestación y destrucción de bosques | Empatía: enfocado a generar empatía con alguien más | Juegos de rompecabezas: resolución de tareas en una forma lógica |
| Océano: relación entre los sistemas de océanos y cambio climático | Aprendizaje: enfocado al aprendizaje de conceptos mientras se interactúa con el juego | Juegos de rol: asumir roles de personajes imaginarios |
| Animales/vegetarianismo: producción de co2 por actividades de ganadería | Valores / ética: enfocado a los efectos o valores al utilizar el juego | Juegos de aventura: asumir rol de héroes o protagonistas dentro de una historia interactiva |
| Atmósfera: casas verdes y sistemas atmosféricos | Persuasión: enfocados a cambiar el pensamiento de los jugadores o a reforzar ciertas formas de pensar | Simulaciones: juegos enfocados a representar aspectos de la vida real |
| General /múltiple: juegos que incluyen escenarios múltiples | Cambio social: enfocados a la promoción de cambios positivos o hábitos saludables | Juegos de estrategia: para la toma de decisiones y determinar estrategias y objetivos de éstas |

Fuente: (Barnes et al., 2017)

Por otra parte autores como Magnuszewski et al. (2018) destacan la promoción de valores como temática central para fortalecer la consciencia sobre los efectos del cambio climático y aplicarlos en el mundo real. Es bien visto en el desarrollo de juegos serios la implementación de técnicas y prácticas didácticas con la finalidad de obtener un comportamiento sustentable a través de la aplicación de técnicas de gamificación en el diseño y desarrollo de juegos serios dentro del contexto de cuidado del medio ambiente. (Santos-Villalba et al., 2020)

Existen estudios que muestran la urgencia de atender el efecto del cambio climático mediante el fortalecimiento del entendimiento de los jóvenes sobre este fenómeno. En el trabajo de Ross et al. (2021) se plantea el uso del modelo de árbol de Palmer (2002) y el modelo de bicicleta de Cantell et al. (2019) para determinar la comprensión que se tiene sobre los efectos del cambio climático en aspectos como: hábitos asociados con EA, percepción sobre la capacidad para realizar un cambio en sus vidas, percepción para motivar a otras personas a actuar para mitigar el cambio climático y percepción para motivar acciones de gobierno para mitigar los efectos del cambio climático.

Existen instituciones de educación superior que han implementado estrategias combinadas para, por una parte, reforzar el interés de los estudiantes sobre temas relacionados con el cambio climático, así como para fortalecer el aprendizaje de un segundo idioma. El uso de estas estrategias evidencia que a los estudiantes les parece una buena idea utilizar avances tecnológicos en conjunto con metodologías pedagógicas, que permitan aumentar el interés en temas de conciencia ambiental y cuidado del entorno; y que al mismo tiempo les permita la adquisición de competencias. (Mei y Yang, 2019)

2.4. ¿Cuáles juegos serios o videojuegos han sido analizados y desde qué enfoques?: educativo, diseño y comunicación visual.

Angel et al. (2015) abordan en su estudio al desarrollo del juego *Future Delta 2.0* a partir de un enfoque de aprendizaje experiencial y diseño centrado en el usuario, donde el objetivo principal es empoderar a los usuarios para que tomen acciones relevantes para la resolución de problemas en torno al cambio climático. En este trabajo se muestran resultados relacionados con el cambio de la mentalidad del 52 % de los participantes, los cuales destacan un cambio positivo en relación con el cambio climático. Por otra parte, el juego *Multi-Risk Tournament* busca hacer consciencia

sobre el manejo hídrico; como parte de la metodología utilizada para el desarrollo y evaluación de este juego serio, destaca el uso de fases de prueba anticipada y prueba final en el contexto de un caso de estudio para identificar aprendizajes a partir de la colaboración entre jugadores. (Bathke et al., 2019b)

Existen retos importantes para el desarrollo de juegos serios y cambio climático, lo que lleva a la necesidad de integrar tecnología en estudios colaborativos con el objetivo de mejorar la comunicación y el desarrollo de conocimiento sobre los efectos del cambio climático. El uso de grupos de enfoque en el desarrollo de juegos serios permite la mejora de los procesos de comunicación, al mismo tiempo que fomenta la creatividad entre participantes y la obtención de ideas sobre las características que debe implementar el juego. (Wibeck, 2020)

Adicionalmente autores refieren que la aplicación de teorías de *framing* en conjunto con el método de análisis del discurso reflexivo (Schon y Rein, 1994) proporcionan bases para la investigación en juegos serios. A través del uso de *framing* se propone la construcción de cuatro marcos principales que demuestran las formas de utilidad de los juegos serios. Estos marcos son: uso de juegos como herramienta, como mecanismos de innovación, para fomentar la persuasión y para fomentar la auto organización. (Mayer et al., 2016)

El uso de estrategias de predicción mediante técnicas de aprendizaje máquina resultan una alternativa para el desarrollo de plataformas que permitan la toma de decisiones. Por otra parte, considerar métodos de evaluación de usabilidad contribuye a obtener datos sobre la efectividad, eficiencia y satisfacción de usuario en el uso de juegos relacionados con el uso de energía. (Diab et al., 2017.)

En el trabajo realizado por Haan et al. (2020) se destaca el uso de interfaces con acoplamiento bidireccional, de un tablero físico de un juego para un modelo de costos. El diseño de la interfaz se incluye la construcción un tablero físico que incluye elementos como cámaras web, monitores táctiles y un proyector. Como parte de la evaluación de este proyecto se utilizaron instrumentos de entrevistas y cuestionarios para explorar aspectos colaborativos y de objetivos de aprendizaje, con la finalidad de identificar cómo los objetivos se alcanzaron, así como cuáles fueron los objetivos alcanzados.

Moloney et al. (2017) proponen el uso del *framework* de Diseño Integral Sostenible (ISD) por sus siglas en inglés (DeKay, 2011) para el diseño del diseño arquitectónico de juegos serios. El objetivo de este trabajo es introducir a los estudiantes a los principios de diseño paramétrico y cómo utilizar esos principios para obtener un diseño sustentable.

Para la evaluación del juego *WeShareit* se reporta la utilización de métodos como cuestionarios antes de utilizarlo, cuestionarios post juego, observaciones durante el juego, así como información de la sesión. Estos métodos permiten obtener información sobre el pensamiento estratégico aplicado durante la participación en las sesiones de juego. (Onencan, Walle, et al., 2016)

El uso de metodologías que guíen el desarrollo de juegos serios a partir de distintas perspectivas o enfoques es común entre los trabajos analizados. En el trabajo de Boudreault et al. (2018) se utiliza un sistema para el ajuste dinámico de la dificultad del juego *Penguin Panic*, de tal forma que dicha dificultad se adapte a las habilidades de cada jugador con la finalidad de maximizar el nivel de involucramiento de los jugadores con el juego.

Adicionalmente a los métodos y técnicas de evaluación para juegos serios, se identifican propuestas relacionadas con el uso de análisis cualitativos, para explorar las características que tienen influencia en elementos de comunicación y educación en juegos serios. Para lograr lo anterior se propone un *framework* que incluye cuatro dimensiones para evaluación de los juegos; tales dimensiones son: dimensión de contenido, dimensión narrativa, dimensión de jugabilidad y dimensión didáctica. (Ouariachi et al., 2017)

3. Conclusiones

El diseño de juegos serios para atender las necesidades derivadas del cambio climático toma mayor relevancia en la actualidad. En este estudio se identificaron los entornos de aprendizaje reportados en la literatura, que permiten a los estudiantes de distintos niveles educativos, reforzar el conocimiento sobre el impacto de las acciones de la sociedad en el cuidado del medio ambiente, al mismo tiempo que se hace evidente la urgencia de atender temas referentes a la emisión de gases, cuidado de mantos acuíferos, uso y administración justa de recursos naturales, entre otros. Por otra parte, en cuanto a temas de diseño de juegos serios destaca el uso de metodologías que contribuyen al desarrollo

de juegos serios desde distintas perspectivas, entre las que se encuentran: el método *framing* (Schon y Rein, 1994), uso de retórica procedural (Bogost, 2007), diseño centrado en el usuario (W. Bennett y Canner, 2019), entre otras metodologías.

Respecto a métodos de evaluación de juegos serios, se describen estrategias de evaluación desde distintas perspectivas (usabilidad, impacto en las acciones de los individuos, métodos de desarrollo, temas relacionados con el cambio climático). Así mismo, se documentan algunos temas de interés para los participantes entre que destacan: cuidado de bosques, cuidado del océano, interés por los gases de efecto invernadero, así como temas diversos en uso de recursos naturales y cuidado de la atmósfera.

Finalmente, mediante el análisis del estado del arte se tiene un panorama claro sobre las estrategias implementadas por parte de algunas organizaciones e instituciones de educación superior, que tienen el objetivo de impactar positivamente en el cuidado del medio ambiente, al mismo tiempo que se establecen redes de colaboración entre distintas áreas y/o perfiles profesionales para diseñar soluciones basadas en software, que integren metodologías de desarrollo y enfoques educativos en conjunto con investigaciones sobre cambio climático y EA a fin de mitigar los riesgos derivados del daño al medio ambiente, logrando con ello un cambio en la consciencia y cultura de los individuos a través de aprendizajes reflexivos derivados de la participación activa en temas de EA.

Agradecimientos

Extendemos nuestro agradecimiento a Aldo Granillo Puebla, alumno del Programa educativo de Licenciatura Diseño de la Comunicación Visual, por su colaboración como miembro del grupo de trabajo de esta investigación, así como también reconocemos el apoyo de Kristen Irazu Mendoza Rasgado, alumna del Programa Educativo de Licenciatura en Redes y Servicios de Cómputo.

Fuentes de financiamiento

Este artículo forma parte de una investigación más extensa, merecedora del Premio a la Investigación Interdisciplinaria 2020-2021, de la Universidad Veracruzana, por lo que agradecemos el apoyo otorgado. La investigación galardonada se titula: *Juegos serios en educación ambiental. Aprendizajes en y desde la práctica reflexiva, hacia una propuesta conceptual.*

Referencias

- Angel, J., LaValle, A., Iype, D. M., Sheppard, S., y Dulic, A. (2015). *Future delta 2.0 an experiential learning context for a serious game about local climate change. SIGGRAPH Asia 2015 Symposium on Education*. 1–10. ACM Digital Library <https://doi.org/10.1145/2818498.2818512>
- Barcena-vazquez, J., y Caro, K. (2007). *Designing a Video Game to Support Climate Change Awareness in a Museum Exhibition Context*, 1–4. ACM Digital Library <https://doi.org/10.1145/3358961.3358972>
- Bathke, D. J., Haigh, T., Bernadt, T., Wall, N., Hill, H., y Carson, A. (2019a). Using Serious Games to Facilitate Collaborative Water Management Planning Under Climate Extremes. *Journal of Contemporary Water Research y Education*, 167(1), 50–67. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704x.2019.03311.x>
- Bathke, D. J., Haigh, T., Bernadt, T., Wall, N., Hill, H., y Carson, A. (2019b). Using Serious Games to Facilitate Collaborative Water Management Planning Under Climate Extremes. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 167, 50–67. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2019.03311.x>
- Bogost, I. (2007). *Persuasive Games: The Expressive Power of Videogames*. The MIT Press
- Boudreault, M., y Bouchard, B. (2018). *Maximizing Player Engagement in a Global Warming Sensitization Video Game Through Reinforcement Learning*. 196–201. ACM Digital Library. <https://doi.org/10.1145/3284869.3284920>
- Burch, E. (2016). Echo Chamber : A Persuasive Game on Climate Change Rhetoric. 101–107. ACM Digital Library <https://doi.org/10.1145/2968120.2987741>
- Cantell, H., Tolppanen, S., Aarnio-Linnanvuori, E., y Lehtonen, A. (2019). Bicycle model on climate change education: presenting and evaluating a model. *Environmental Education Research*, 25(5), 717–731. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1570487>

- Decision-making, I., Marini, D., Medema, W., Adamowski, J., Id, I. M. Veissiere, S. P.L., Mayer, I. y Wals, A. E. J. (n.d.2018). Socio-Psychological Perspectives on the Potential for Serious Games to Promote Transcendental Values in. <https://doi.org/10.3390/w10081097>
- DeKay, M. (2011). *Integral Sustainable Design: Transformative Perspectives* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849775366>
- Di Dio, S., Massa, F., Nucara, A., Peri, G., Rizzo, G., y Schillaci, D. (2020). Pursuing softer urban mobility behaviors through game-based apps. *Heliyon*, 6(5), e03930. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03930>
- Diab, A., Zeidan, M., Sharaf, N., y Abdennadher, S. (2017). *A gamified platform for energy feedback and usage forecasting*. 2017 2nd International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science, SpliTech 2017.
- Edel-Navarro, R. (2017). Educación mediada por tecnología: aprendizaje, innovación y prospectiva. *Revista Ibero-Americana de Estudos Em Educação*, 12(n.esp.2), 1143–1147. <https://doi.org/10.21723/riaee.v12.n.esp.2.10282>
- Fernández Galeote, D., y Hamari, J. (2021). *Game-based Climate Change Engagement: Analyzing the Potential of Entertainment and Serious Games*. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 5(CHIPLAY). <https://doi.org/10.1145/3474653>
- Flood, S., Cradock-Henry, N. A., Blackett, P., y Edwards, P. (2018). Adaptive and interactive climate futures: Systematic review of “serious games” for engagement and decision-making. *Environmental Research Letters*, 13(6). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac1c6>
- Gregory W. Bennett and Liz Canner. (2019). *Lost City of Mer*. In SIGGRAPH Asia 2019 XR (SA '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 25–26. <https://doi.org/10.1145/3355355.3361897>

- Haan, R. J. Den, Voort, M. C. Van Der, Baart, F., Berends, K. D., Berg, M. C. Van Den, Straatsma, W., Geenen, A. J. P., y Hulscher, S. J. M. H. (2020). The Virtual River Game: Gaming using models to collaboratively explore river management complexity. *Environmental Modelling and Software*, 134(August), 104855. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104855>
- Hoover, A. K., Puttick, G., Barnes, J., Tucker-Raymond, E., Fatehi, B., Harteveld, C., y Moreno-León, J. (2016). *Assessing computational thinking in students' game designs. CHI PLAY 2016 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion*, 173–179. <https://doi.org/10.1145/2968120.2987750>
- Jin, G., Bierma, T., y Yang, L. (2016). Cap-and-Trade: Understanding and Teaching a Market-Based Approach to Natural Resource Allocation. 45, 1–11. <https://doi.org/10.4195/nse2015.0030>
- Jong, M. S. (2020). Promoting Elementary Pupils' Learning Motivation in Environmental Education with Mobile Inquiry-Oriented Ambience-Aware Fieldwork. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072504>
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., y Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Laamarti, F., Eid, M., y El Saddik, A. (2014). An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/358152>
- Lai, J. W. M., y Bower, M. (2020). Evaluation of technology use in education: Findings from a critical analysis of systematic literature reviews. Julio 2019, 241–259. <https://doi.org/10.1111/jcal.12412>

- Legaki, N., Xi, N., Hamari, J., y Karpouzis, K. (2020). International Journal of Human-Computer Studies The effect of challenge-based gamification on learning : An experiment in the context of statistics education. 144(Junio). <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102496>
- Lemaître, D. (2019). Training engineers for innovation : Pedagogical initiatives for new challenges. 566–576. <https://doi.org/10.1111/ejed.12365>
- Magnuszewski, P., Kr, K., Id, A. K., Paj, M., Allen, C., Chraibi, V., Giri, A., Haak, D., Hart, N., y Hellman, M. (2018). Exploring the Role of Relational Practices in Water Governance Using a Game-Based Approach. <https://doi.org/10.3390/w10030346>
- Mayer, I., Warmelink, H., y Zhou, Q. (2016). A frame-reflective discourse analysis of serious games 1. 47(2), 342–357. <https://doi.org/10.1111/bjet.12245>
- Mei, B., y Yang, S. (2019). Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level in China : Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help ? 11(Julio) <https://doi.org/10.3390/su11164292>
- Moloney, J., Globa, A., Wang, R., y Roetzel, A. (2017). Serious games for integral sustainable design : Level 1. *Procedia Engineering*, 180, 1744–1753. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.337>
- Neset, T., Andersson, L., Uhrqvist, O., y Navarra, C. (2020). Serious Gaming for Climate Adaptation — Assessing the Potential and Challenges of a Digital Serious Game for Urban Climate Adaptation. 12. <https://doi.org/10.3390/su12051789>
- Onencan, A., Van De Walle, B., Enserink, B., Chelang'A, J., y Kulei, F. (2016). WeShareIt game: Strategic foresight for climate-change induced disaster risk reduction. *Procedia Engineering*, 159(June), 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.185>
- Onencan, A., Walle, B. Van De, Enserink, B., Chelang, J., y Kulei, F. (2016). WeShareIt Game : Strategic foresight for climate-change induced disaster risk reduction.

Procedia Engineering, 159(June), 307–315.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.185>

Ouariachi, T., Elving, W. J. L., y Pierie, F. (2018). Playing for a Sustainable Future : The Case of We Energy Game as an Educational Practice.
<https://doi.org/10.3390/su10103639>

Ouariachi, T., Olvera-lobo, M. D., y Gutiérrez-pérez, J. (2017). Gaming climate change : assessing online climate change games targeting youth produced in Spanish. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237(June 2016), 1053–1060.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.154>

Özgen, D. S., Afacan, Y., y Surer, E. (2020). *Save the Planets: A Multipurpose Serious Game to Raise Environmental Awareness and to Initiate Change*. ACM International Conference Proceeding Series, 132–137.
<https://doi.org/10.1145/3411170.3411253>

Polys, N., Hotter, J., Lanier, M., Purcell, L., Wolf, J., Hession, W. C., Sforza, P., y Ivory, J. D. (2017). Finding frogs: Using game-based learning to increase environmental awareness. *Proceedings - Web3D 2017: 22nd International Conference on 3D Web Technology*, June. <https://doi.org/10.1145/3055624.3075955>

Rey, U., Carlos, J., Barnes, J., Hoover, A. K., Fatehi, B., Moreno-León, J., Smith, G., y Harteveld, C. (2017n.d.). Exploring Emerging Design Patterns in Student-Made Climate Change Games on. <https://doi.org/10.1145/3102071.3116224>

Ross, H., Rudd, J. A., Skains, R. L., y Horry, R. (2021). How Big Is My Carbon Footprint? Understanding Young People ' s Engagement with Climate Change Education. 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13041961>

Santos-Villalba, M. J., Leiva Olivencia, J. J., Navas-Parejo, M. R., y Benítez-Márquez, M. D. (2020). Higher Education Students' Assessments towards Gamification and Sustainability: A Case Study. *Sustainability*, 12(20), 8513.
<https://doi.org/10.3390/su12208513>

Susi, T., Johannesson, M., y Backlund, P. (2007). Serious Games – An Overview. IKI Technical Reports; HS-IKI-TR-07-001, 1–28.

<https://doi.org/10.1109/UEMCON.2017.8249059>

Torre, R. De, Onggo, B. S., Corlu, C. G., Nogal, M., y Juan, A. A. (2021). The Role of Simulation and Serious Games in Teaching Concepts on Circular Economy and Sustainable Energy. 1–21.

Troiano, G. M., Schouten, D., Cassidy, M., Tucker-raymond, E., Puttick, G., y Harteveld, C. (2020a). Ice Paddles , CO2 Invaders , and Exploding Planets. 534–548.

Troiano, G. M., Schouten, D., Cassidy, M., Tucker-Raymond, E., Puttick, G., y Harteveld, C. (2020b). All Good Things Come in Threes: Assessing Student-Designed Games via Triadic Game Design. ACM International Conference Proceeding Series, 1. <https://doi.org/10.1145/3402942.3403010>

Wibeck, V. (2020). Focus groups and serious gaming in climate change communication research — A methodological review. April, 1–16. <https://doi.org/10.1002/wcc.664>