

Artículo de investigación

Influencia de procesos de ludificación en entornos de aprendizaje STEM para alumnos de Educación Superior*

Influence of Gamification Processes in STEM Learning Environments for Higher Education Students

 Luis Fernando Calvo**

 Raúl Herrero Martínez***

 Sergio Paniagua Bermejo****



*El artículo surge del proyecto *Diseño y creación de un juego de mesa que incorpore nuevos sistemas de aprendizaje y de evaluación dentro del entorno de la enseñanza de la Ingeniería*, del grupo DINBIO (Docencia en Ingeniería de Biosistemas) de la Universidad de León, España.

** Profesor Titular y coordinador del Grupo de Innovación Docente DINBIO de la Universidad de León, España. Correo electrónico: lfcald@unileon.es

*** Profesor del Conservatorio Profesional de Música de León y de la Escuela Municipal de Música de León, España. Correo electrónico: raulhemar@gmail.com

**** Profesor del Departamento de Química y Física Aplicadas y del Instituto de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Biodiversidad de la Universidad de León, España.

Correo electrónico: sergio.paniagua@unileon.es

Fecha de recepción: 31 de octubre de 2019

Fecha de aceptación: 17 de enero de 2020

Cómo referenciar / How to cite

Calvo, L. F., Herrero Martínez, R., & Paniagua Bermejo, S. (2020). Influencia de procesos de ludificación en entornos de aprendizaje STEM para alumnos de Educación Superior. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 12(22), 35-68. <https://doi.org/10.22430/21457778.1604>

Resumen: los alumnos de ciencias, tecnología e ingeniería, en el ámbito del Espacio Europeo de Educación Superior, suelen abordar sus asignaturas como parcelas de conocimiento debido a la propia construcción de los planes docentes y la estructura interdepartamental de las universidades. es decir, sin que se profundice en la interrelación entre esas parcelas y la futura realidad laboral que el estudiante tendrá que vivir. Durante esta investigación se diseñó un juego de mesa, desde el marco de referencia de educación STEAM, con la finalidad de establecer dinámicas propias de las actividades lúdicas para generar un entorno de aprendizaje ludificado. Mediante un proceso de investigación planificado, organizado, dirigido y sistemático se valoró el efecto que tiene la utilización del juego de mesa sobre las calificaciones académicas del alumnado de ingeniería, partiendo de la hipótesis de que la utilización de este juego permite adquirir no solo conocimientos, sino también la capacidad de integrar los conocimientos de las asignaturas directamente vinculadas al entorno STEAM. El análisis de los resultados verificó la hipótesis de partida de esta investigación, confirmando el efecto positivo que tiene el uso de elementos de ludificación en entornos STEAM.

Palabras clave: educación en ingeniería, educación STEM-STEAM, educación superior, juegos de mesa, ludificación.

Abstract: Science, technology and engineering students, within the scope of the European Higher Education Area, often approach their subjects as chunks of knowledge due to the very construction of the teaching plans and the interdepartmental structure of the universities, that is, without deepening the interrelationship between these chunks and the future working reality that the student will have to live. During this research, a board game was designed, within the framework of STEAM education, in order to establish the dynamics of playful activities to generate a gamified learning environment. Through a planned, organized, directed and systematic research process, the effect of the use of the board game on the academic grades of engineering students was assessed, based on the hypothesis that the use of this game allows the acquisition not only of knowledge, but also of the ability to integrate the knowledge of subjects directly linked

to the STEAM environment. The analysis of the results verified the initial hypothesis of this research, confirming the positive effect that the use of gamified elements has in STEAM environments.

Keywords: Engineering education, STEM-STEAM education, higher education, board games, gamification.

INTRODUCCIÓN

Aunque la sociedad siempre ha estado sometida al cambio continuo, solo en los últimos tiempos ha experimentado con mayor rapidez la integración de los avances tecnológicos y comunicativos en sus diferentes ámbitos, obligando a los actores a un permanente proceso de aprendizaje para adaptarse oportunamente al cambio (Sevillano García, 2007). Así, de la mano de estos avances, que suponen mejora en la calidad de vida, se generan (o intensifican) nuevos desafíos para la humanidad, que requieren de respuestas complejas e integradas, por parte de sujetos creativos y competentes (Rosenlund, 2019; Smith & Iversen, 2018), capaces de integrar, de forma multidisciplinar, las distintas áreas de conocimiento con capacidad para atender estos retos.

De esta manera, problemas como el calentamiento global, la garantía mundial alimentaria, la seguridad biotecnológica o la producción de energía sostenible son claros ejemplos de necesidades a las que hay que dar respuesta a partir de un conocimiento integrado (Roth, 2019) para alcanzar una comprensión holística, que no constituya una forma de dominación del mundo, sino una manera de hacer sostenible nuestra presencia en el mismo. En este sentido, Tsupros et al., (2009) indican que una economía basada en el conocimiento debe estar dirigida por la innovación constante, que solo se consigue con recursos humanos cualificados y «equipados con habilidades en el campo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas» (p. 5).

Con el fin de adaptarse a esta necesaria multidisciplinariedad, en las últimas décadas se ha venido apostando, desde diferentes contextos formativos, por la denominada educación STEM (*Sciences, Technology, Engineering and Mathematics*) (Pimthong & Williams, 2018), que con base en la teoría del aprendizaje constructorista (Sullivan & Bers, 2018) se fundamenta en la intencionada integración de los conceptos y la práctica de la educación matemática y/o científica con la practicidad de la educación ingenieril y tecnológica (Yanez et al., 2019). Aunque el concepto STEM como tal no surge hasta la década de los noventa, solo desde el año 2010 empieza a cobrar importancia en las políticas educativas de diferentes países, demostrando una mejora en los rendimientos académicos, sobre todo, de alumnos que obtenían los peores resultados (Han et al., 2015).

El origen del concepto educativo STEM se remonta a 1957, en plena Guerra Fría. Cuando la antigua Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial, el Sputnik 1, los políticos y a la opinión pública de los Estados Unidos concluyeron que existían fallas en la educación científica y tecnológica del sistema educativo norteamericano. Como consecuencia, se produjo una reforma educativa apoyada por la agencia de promoción científica, National Science Foundation (NSF), fundamentada en las investigaciones de Jean Piaget (Marmeleira & Duarte Santos, 2019) y de David Ausubel y Robert Gagné, que se proponía adaptar el currículo del alumno para incentivar su independencia, creatividad y capacidad para resolver problemas (Brien, 1990). Becker y Park (2011) han considerado la necesidad de incorporar a este conjunto de disciplinas, aquellas relacionadas con las artes o las ciencias sociales, pasando entonces a denominarse STEAM (del inglés STEM + Arts), verificando el efecto positivo en la capacidad del alumno para buscar soluciones a problemáticas planteadas (Thuneberg et al., 2018).

La comunidad docente internacional establece dos requisitos para verificar una correcta aplicación de la metodología STEM:

- Debe tratarse de docencia en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.
- Debe poder clasificarse dentro de uno de los grupos pertenecientes a las denominadas disciplinas duras (Vo et al., 2017). Estas se caracterizan por poseer una estructura atomística acumulativa, generar énfasis en lo cuantitativo, y estar relacionada con fenómenos y leyes de carácter universal. De forma complementaria, se ha de preocupar de la enseñanza del ambiente físico orientado hacia la generación de productos y de técnicas (Xu, 2008).

Por ello, siempre que se utiliza una docencia STEM o STEAM se hace énfasis en el proceso, no en la enseñanza, es decir, en el aprendizaje del estudiante que debe construir conocimientos con su participación activa en la resolución de problemas propios del mundo real (Aladé et al., 2016).

Aunque es extensa la bibliografía que demuestra las ventajas de una educación STEM (Dreessen & Schepers, 2019; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Thomas & Watters, 2015) su implantación en los sistemas educativos de países como España, no ha sido fácil (Tapia & Martinez-Galarraga, 2018). Esto puede deberse al continuo cambio de los últimos veinte años en las leyes educativas

(muy condicionadas por la inestabilidad política y la fragmentación del sistema educativo en áreas de conocimiento).

Este problema es mucho más acuciante en el caso del sistema educativo universitario (Berbegal-Mirabent, 2018) en el que en la mayoría de las guías docentes de las asignaturas propias de la educación STEM, no se especifica ningún tipo de correlación o integración con el resto de materias STEM, utilizando una fragmentación científica basada en épocas docentes ya obsoletas y que Sanz et al., (2017) relacionan con la falta de capacidad resolutoria por parte del alumnado.

De esta manera, si bien es cierto que las últimas modificaciones legislativas en España han buscado una mejora del país a nivel educativo (planteando la Agenda 2030 para posicionar la educación española en el siglo XXI) (de Paula Arruda Filho, 2017), también lo es que, en el caso de las asignaturas que forman parte de la educación STEM, esto solo se conseguirá hasta que se apueste de verdad, y desde todos los ámbitos administrativos y docentes competentes, por una enseñanza basada, tanto en la integración de las diferentes materias, como en la utilización real de metodologías activas para el aprendizaje del alumno universitario, aspecto bastante deficitario en el sistema educativo superior español (Bermejo & Prieto, 2019).

Son varias las metodologías educativas disponibles con las que puede contar el docente universitario para corregir esta deficiencia. Dentro de cualquier contexto de aprendizaje, la selección de la metodología docente es un proceso muy delicado en el que hay que considerar aspectos como el contenido de las asignaturas, el contexto social del centro, del alumno y de la sociedad en la que se inserta el centro, el profesorado, el nivel de los alumnos, etc. (Gutiérrez & Villegas, 2015).

Sin embargo, dentro de la contextualización de la educación STEM, con como objetivos el alcanzar altos niveles cognitivos, mejorar el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico, las metodologías que ponen al alumno como centro del proceso de aprendizaje son las que obtienen mejores resultados (Gutiérrez & Villegas, 2015). Dentro de estas metodologías existen nuevos modelos docentes, como el aprendizaje mediante problemas sin datos (PWD por sus siglas en inglés: *Problems Without Data*) (Paniagua et al., 2019) que, combinadas con métodos de ludificación (*gamification*) ofrecen grandes perspectivas para el aprendizaje autónomo y racional del alumno (Calvo Prieto et al., 2018). Pese a todo, todavía se necesita un mayor interés del profesorado y de las instituciones educativas

para implementar estos modelos y métodos, así como de nuevas experiencias que reafirmen las ya se han hecho.

Dado que los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante la ludificación han sido ampliamente estudiados durante este último siglo, se ha visto un incremento notable en el interés de la comunidad académica hacia esta práctica docente. Así, en bases de datos como Scopus o Web of Science se ha pasado de 1500 a 2300 publicaciones entre 2015 y 2018 (Rodrigues et al., 2019). Además, el uso creciente de las tecnologías de la comunicación ha supuesto un importante avance en la implantación de procesos de ludificación en el aula, aportando nuevas formas de trabajo que, basadas en el juego creativo, permiten al alumnado disfrutar del proceso de aprendizaje (Xi & Hamari, 2019).

La ludificación es conocida como el «proceso relacionado con el pensamiento del jugador y las técnicas de juego para atraer usuarios y resolver problemas» (Zichermann & Cunningham, 2011, p. 11). Todo juego que lleve implícito el concepto de ludificación, no solo debe influir en la conducta psicológica y social del jugador, sino que también debe servir para ayudar al mismo en la consecución de unas respuestas a unos problemas planteados de manera que, cuanto más juegan los jugadores, más tiempo quieren dedicar a dicho juego al ver cómo incrementa su grado de confort y el número de respuestas satisfactorias proporcionadas (Kapp, 2012).

Johan Huizinga (1872-1945) fue quien primero introdujo y trabajó las relaciones entre el aprendizaje y el juego en contextos educativos. Su libro *Homo Ludens* (1938), pionero en esta temática, aproxima una explicación sobre los procesos mentales educativos que ocurren en el cerebro de los jugadores. En este sentido, tanto la ludificación como el aprendizaje basado en el juego (LBG por sus siglas en inglés: *Learning Based Games*) permite mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, reducir el estrés de los entornos universitarios y favorecer la cantidad y calidad del aprendizaje (Paniagua et al., 2019).

Sin embargo, a lo largo de la historia el uso del juego no siempre ha estado ligado a procesos de aprendizaje. En determinados momentos ha sido considerado una desventaja del aprendizaje formal, porque, al mismo tiempo, es un competidor por los recursos temporales y por el esfuerzo del alumnado. Será el auge de las corrientes cognitivistas y constructivistas el que otorgue al juego un papel

relevante en el campo de la educación, especialmente en las edades más tempranas del proceso (Bíró, 2014).

Durante el siglo xx surgen diferentes *teorías del juego*, entre las que caben destacar la teoría de la energía sobrante de Spencer, la teoría del descanso de Lazarus, la teoría de la recapitulación de Stanley Hall y, la más influyente, la teoría del ejercicio preparatorio o de la anticipación funcional de Groos. Todas analizan la relación entre juego y aprendizaje, apoyadas en investigaciones como las de Groos (1908), que confirman el esencial papel que tiene el juego en el proceso de aprendizaje del alumno. Las teorías más modernas, como la teoría psicoanalítica de Freud, la teoría del potencial óptimo de activación de Berlyne, la teoría metacomunicativa de Bateson, así como las teorías cognitivas de Piaget y la sociocultural de Vigotsky, otorgan al juego, durante el proceso de aprendizaje, frente a otros métodos docentes, el valor de estimular la creatividad en el alumno (Dahlberg et al., 2013).

Con el comienzo de siglo, por tanto, son muchos los centros educativos que han ido incorporando dinámicas de ludificación a sus quehaceres académicos; sin embargo, a medida que se va ascendiendo en la pirámide educativa, esta tendencia disminuye, siendo escasos los ejemplos de procesos de aprendizaje ludificados en los estudios universitarios (Rapp et al., 2019); por ello, la bibliografía relacionada con el uso del juego en las aulas de infantil, primaria y secundaria es abundante (Adukaite et al., 2017), mientras que

es prácticamente inexistente, en el caso de la aplicación de dichas herramientas, con un enfoque específico y con carácter lúdico, en la docencia de las asignaturas universitarias. Para poder entender el uso de los juegos docentes debemos diferenciar, según Galvis (2004), entre juegos que apoyan la transmisión, juegos que apoyan el aprendizaje activo y juegos que facilitan la interacción (Paniagua et al., 2019, p. 62).

Es práctica muy habitual en la enseñanza universitaria española y, puntualmente, en la docencia de asignaturas STEM, separar los aspectos académicos del currículo, que solo buscan que el alumno consiga unas competencias profesionales, y los relacionados con el desarrollo personal y el bienestar del alumno durante su proceso de aprendizaje (Park, 2004) y de evaluación. No se puede negar que la universidad española ha intentado, con diferentes programas, disminuir la brecha entre estas dos facetas. Se destaca, en nuestros días, el programa denominado

acción tutorial (enseñar a pensar, enseñar a convivir, etc.), aunque no se puede olvidar que estas acciones, para la mayoría de las titulaciones universitarias, quedan relegadas a un segundo plano, lo que dificulta el desarrollo de los contenidos que conlleva, entre ellos, el que se pretende tratar en esta propuesta: demostrar que «el aprendizaje lúdico en del aula universitaria es compatible con el aprendizaje académico (Cassidy, 2000) y más en concreto, en un entorno de aprendizaje propio de una educación STEM» (Paniagua et al., 2019, p. 61).

Aunque la mayoría de docentes coincide en que alcanzar un conocimiento o una competencia profesional, especialmente en los niveles académicos universitarios, tiene que ir acompañado de un determinado y persistente nivel de esfuerzo (Hooper & Rieber, 1995), es un error pensar que esto solo se consigue a base de estrés y ansiedad. El ejemplo más claro de ello es el uso de videojuegos como elementos educativos (Hamari & Koivisto, 2013). Con esta herramienta, «los jugadores son capaces de adquirir destrezas y conocimientos en un entorno caracterizado por el confort y el bienestar del jugador» (Paniagua et al., 2019, p. 62). Así, y teniendo en cuenta que más de un 75 % del alumnado responde que la enseñanza académica universitaria le provoca angustia y sucesivos momentos de estrés (Pastor et al., 2011), cabría preguntarse si, además de enseñar destrezas, capacidades, conocimientos, etc., se puede enseñar, mediante ludificación STEM, a disfrutar del esfuerzo generado durante su proceso de aprendizaje para conseguir así la mejora en la calidad y durabilidad del mismo (Salinas de Sandoval & Colombo de Cudmani, 1992).

Son muchos los centros que han utilizado las nuevas tecnologías y los videojuegos como soporte para la implantación de procesos de ludificación en sus aulas; sin embargo, en los últimos tiempos y desde el ámbito de la salud, se denuncia el uso abusivo que los estudiantes hacen de dispositivos móviles, pantallas digitales o videojuegos, incurriendo en riesgos como el aislamiento, la adopción de identidades ficticias que generen alteraciones de conducta, pérdida de la noción del tiempo, falta de control de la conducta de juego en cuanto al inicio, frecuencia, intensidad, duración, finalización y contexto en que se juega; o aumento de la prioridad que se otorga a los juegos frente a otros intereses vitales y actividades diarias (Aarseth et al., 2017; Buiza-Aguado et al., 2017; Fernández-Villa et al., 2015).

Con todo, esta investigación parte de la hipótesis de que es factible introducir elementos de ludificación en entornos universitarios de aprendizaje STEM sin necesidad de acudir al uso de videojuegos o pantallas digitales, reduciendo, por tanto, su consumo sin reducir el tiempo de juego, y, por tanto, de aprendizaje, favoreciendo el desarrollo de estrategias sociales y de habilidades de comunicación, esto es, fomentando uno de los aspectos fundamentales de la educación STEM y que más veces ha sido olvidado en su interpretación (Wijnia et al., 2016).

Para dar respuesta a la hipótesis formulada, se plantea como objetivo general, valorar el efecto, tanto académico como lúdico, que tiene la utilización de un juego de mesa diseñado y creado específicamente para alumnos universitarios de asignaturas STEM. El juego de mesa diseñado recibe el nombre de *Galilei, un divertido juego de mesa para estudiantes de ciencia e ingeniería*, y se encuentra bajo protección de propiedad intelectual y de diseño industrial. Su descripción se realizará en la sección de metodología. Los objetivos específicos son:

- Estudiar, con significación estadística, el efecto académico que tiene sobre los alumnos el juego de diseño propio denominado Galilei.
- Estudiar, con significación estadística, el efecto que tiene el juego diseñado sobre la capacidad del alumnado para integrar conocimientos de asignaturas del entorno STEM.
- Conocer la valoración que tienen los alumnos sobre el carácter lúdico del juego de diseño propio denominado Galilei.

METODOLOGÍA

Materiales

Para el desarrollo de la actividad docente propuesta se utilizó el juego de mesa denominado Galilei, un divertido juego de mesa para estudiantes de ciencia e ingeniería, diseñado por parte del personal del grupo de investigación docente DINBIO (Docencia en Ingeniería de Biosistemas) de la Universidad de León, y autor de este trabajo. En el diseño del juego se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Garantía de adaptación del dominio educativo a las dinámicas del juego, de modo que se pueda generar un ambiente propicio, no solo para el aprendizaje, sino también para el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación.

Así, durante la generación de los ítems del juego de mesa se han tenido en cuenta factores como el formato, las transformaciones lingüísticas usadas en su elaboración, el diseño de facetas y el análisis de conceptos. Una vez establecidos los ítems, se procedió a su análisis mediante una revisión lógica (congruencia ítem-objetivo, calidad técnica y sesgo) y una revisión empírica (formulación de hipótesis en relación con cada ítem, aplicación piloto del ítem, análisis de datos e interpretación) (Chalaris et al., 2013).

- Garantía de versatilidad, que permita su adaptación a otros niveles educativos fuera del entorno universitario.
- Garantía de que el diseño sea lo suficientemente llamativo como para que el alumnado pueda valorarlo como un juego de mesa y no como una clase de prácticas.
- En la figura 1 se muestra una imagen tanto del juego Galilei, como de los elementos diseñados para su utilización.

Figura 1. Imagen de Galilei: un divertido juego de mesa para estudiantes de ciencias e ingeniería



Fuente: elaboración propia.

El objetivo del juego consiste en ir acumulando, a lo largo de las diferentes casillas del tablero, la energía, la masa y el dinero suficiente para poder acceder a la casilla final (representada por un polígono industrial). El jugador, para poder ir adquiriendo energía, masa y dinero deberá moverse por el tablero e ir resolviendo tanto preguntas como problemas que simulan diseños industriales. La resolución de dichas cuestiones está ligada a la combinación de conocimientos de matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería por parte de los jugadores. Para el desarrollo de las habilidades sociales y de comunicación, el juego fue diseñado como un juego grupal en el que se permitieron situaciones de intercambio/negociación de billetes con los equipos contrarios.

Es necesario hacer constar que, a diferencia de otros juegos de mesa basados en preguntas y respuestas:

- a) El jugador no solo gana puntos o dinero virtual, sino también energía y masa, que serán necesarios para ganar el juego.
- b) Las respuestas a las preguntas son variables en función de la situación del jugador, lo que impide que puedan aprenderse las respuestas de memoria y garantiza su adaptación a otros niveles educativos.
- c) El juego cuenta con un movimiento por el tablero único y original, al determinar no solo el avance de casillas, sino la dirección de las mismas mediante un dado de dirección y la presencia de cruces con dobles y triples salidas.

Diseño de trabajo

Selección y tamaño muestral

La investigación se realizó con la totalidad de los alumnos de la asignatura Bases de Ingeniería, que se cursa en segundo curso, tanto en la titulación de Grado en Ciencias Ambientales como en la de Grado en Biotecnología, ambas de la Universidad de León (España). Esta asignatura tiene altas tasas de no superación, por encima del 58 %, debido principalmente a la dificultad de los alumnos para usar los conocimientos de matemáticas, ciencias y tecnología de las asignaturas de primer curso. Para el desarrollo de la actividad, se presentó a los alumnos el juego de mesa, se explicó su dinámica y se permitió que, de forma voluntaria, los alumnos decidieran participar en las diferentes partidas que se organizaran, siempre fuera del horario académico.

De esta manera, la recogida de información se realizará sobre todos los individuos de la población sobre los que se dirige la experiencia educativa, no siendo necesaria la realización de un muestreo representativo de la población. Sin embargo, el número de sujetos experimentales de cada titulación es diferente, con 69 sujetos en la titulación de Ciencias Ambientales y 52 sujetos en la de Biotecnología. El alumnado era totalmente consciente, desde el primer momento, de su participación en la dinámica planteada, así como de los objetivos que se pretendían conseguir.

Diseño experimental e instrumentos de medida

Para poder determinar el cumplimiento de los objetivos planteados, fue necesario realizar un diseño experimental que permitiera comparar, de manera estadísticamente significativa, qué efectos tenía sobre el alumnado (tanto sobre su calificación académica como sobre su capacidad de integración de conceptos propios de asignaturas de entorno STEM) la utilización del juego de mesa diseñado.

Para ello, se realizó sobre toda la población muestral una prueba inicial de conocimiento, que permitió saber cuál era la situación de partida de la población antes de realizar la experiencia, además de una encuesta en la que se solicitó a los sujetos de la población su opinión sobre su propia capacidad de integrar conocimientos de asignaturas propias de un entorno STEM.

De forma voluntaria, los alumnos decidieron su participación o no en la actividad propuesta (experiencia de ludificación), siendo necesario, por tanto, determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo que decide participar en la experiencia y el que no; estas diferencias se refirieron al nivel académico alcanzado por el alumno durante su formación universitaria y a la intensidad de estudio del mismo.

Una vez terminada la docencia de las asignaturas, y en el periodo entre el fin de la docencia y la evaluación final, los sujetos pertenecientes al grupo experimental fueron convocados para participar en experiencias de ludificación a través del juego de mesa diseñado.

El diseño experimental concluyó con la recogida de una encuesta de satisfacción para los alumnos que participaron en la experiencia de ludificación, y, para toda

la población muestral, con la realización de un trabajo final consistente en un proyecto a pequeña escala de diseño industrial y la realización del examen final de la asignatura.

De esta manera, el plan experimental cuenta con las siguientes variables de estudio:

Variable Titulación

Variable cualitativa de tipo dicotómico en el que se identificó con el 1 al alumno que estudiaba la asignatura Bases de Ingeniería dentro de la titulación de Ciencias Ambientales y con 2 al alumno que cursaba la misma asignatura dentro de la titulación Biotecnología. Por su naturaleza intrínseca, el instrumento de medida de esta variable contó con total validez (mide lo que realmente se quiere medir) y fiabilidad (precisión de medida, puesto que esta información forma parte del expediente administrativo del alumno). Esta variable funcionó como variable independiente.

Variable Galilei

Variable cualitativa de tipo dicotómico en el que se identificó con el 0 al alumno que pertenece al grupo control (esto es, que no participa en la experiencia STEM ludificada) y con el 1 al alumno del grupo experimental (el que sí participa en la experiencia STEM ludificada). Al igual que sucedía con la variable anterior, se garantizó la validez y fiabilidad del instrumento de medida utilizado. Esta variable funcionó como variable independiente.

Variable Prueba Nivel

Se trata de la nota que obtienen los alumnos en una prueba de conocimientos en matemáticas, ciencias y tecnología hecha a principio de curso. El objetivo fue medir si existían o no diferencias académicas iniciales, tanto entre el grupo control y el grupo experimental como entre los alumnos de las dos titulaciones. Para garantizar la validez del instrumento de medida de esta variable, se sometió la prueba a un juicio de expertos formado por diez profesores de áreas afines. El 100 % del grupo de expertos confirmó su validez. Además, este instrumento de medida tuvo como elementos de fiabilidad, una consistencia interna de 0.87-0.91 y una fiabilidad test-retest de 0.91. Se trata de una variable de tipo cuantitativo con rango de 1 a 10. Esta variable funcionó como variable dependiente.

Variable STEMprevio

Variable que midió el grado de apreciación inicial que tiene el alumno sobre su capacidad para integrar conocimientos propios de matemáticas, ciencias y tecnología cursados en anualidades previas de su formación. La validez y fiabilidad se determinó análogamente a la del instrumento de medida de la variable *PruebaNivel*. El 100 % del grupo de expertos confirmó su validez, alcanzando valores de consistencia interna de 0.79-0.81 con una fiabilidad test-retest de 0.88. Es una variable de tipo cuantitativo con rango de 1 a 5 y que funcionó como variable dependiente.

Variable STEMpost

Variable que midió el grado de apreciación final que tiene el alumno sobre su capacidad para integrar conocimientos propios de matemáticas, ciencias y tecnología una vez realizada la investigación. La validez y fiabilidad se determinó análogamente a la del instrumento de medida de la variable *PruebaNivel*. El 100 % del grupo de expertos confirmó su validez, alcanzando valores de consistencia interna de 0.81-0.83 con una fiabilidad test-retest de 0.84. Es una variable de tipo cuantitativo con rango de 1 a 5 y que funcionó como variable dependiente.

Variable MediaOtrasAsig

Variable que midió el rendimiento académico que tiene el alumno, identificando las calificaciones alcanzadas en el resto de asignaturas de la titulación hasta la fecha de estudio de la asignatura Bases de Ingeniería. El valor de esta variable se definió con base a la media de las calificaciones obtenidas. Por la propia definición de esta variable, el instrumento de medida careció de problemas de identificación de validez y fiabilidad. Esta variable funcionó como variable control.

Variable HorasEstudio

Esta variable cuantitativa identificó, mediante pregunta directa al alumno, las horas que el mismo ha utilizado para estudiar la prueba final de la asignatura. Por su propia naturaleza, esta variable no tuvo problemas de validez. Sin embargo, el valor alcanzado para su consistencia interna fue de 0.69 y la fiabilidad test-retest de 0.84-0.89. Esta variable funcionó como variable control.

Variable NotaFinal

Variable que determinó la calificación final que obtiene el alumno en la asignatura Bases de Ingeniería. Se obtuvo tras haber sometido al grupo experimental al proceso de ludificación. Por la propia definición de esta variable, el instrumento de medida careció de problemas de identificación de validez y fiabilidad. Se trató de una variable dependiente cuantitativa con rango de 0 a 10.

Variable TrabajoStem

Variable que midió la calificación obtenida por el alumnado en un trabajo final consistente en un proyecto a pequeña escala de diseño industrial, en el que los alumnos pusieron en práctica la integración de conocimientos relacionados con las asignaturas de un entorno STEM. Se trató de una variable dependiente cuantitativa (rango 0-10) que no tuvo problemas de validez y fiabilidad.

Análisis de datos

Se realizó un análisis cuantitativo de los datos recogidos mediante el software IBM SPSS Statistics 25. Mediante el mismo, se llevaron a la práctica las siguientes pruebas estadísticas:

- Determinación de los descriptivos más importantes para poder valorar la variable considerada: media, media al 95 % de confianza con una significación del 5 %, media recortada al 5 %, mediana, varianza y desviación estándar.
- Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov con correcciones de Lilliefors y la prueba de Shapiro Wilk para aquellas variables cuantitativas con número de sujetos muestrales superior a 30. La aceptación de la hipótesis nula de esta prueba, con una significación de 0.05, permitió la realización de pruebas estadísticas paramétricas sobre la variable considerada.
- Prueba t de *Student* para muestras independientes. Prueba que determinó la semejanza o no, desde un punto de vista estadístico, de los dos grupos considerados en las variables Titulación y Galilei.

Para la realización de esta prueba, se siguió el siguiente procedimiento:

a) Formulación de H_0 y de su correspondiente H_1 .

Hipótesis nula $H_0: \mu_a = \mu_b$. La media obtenida para la variable considerada y para los dos grupos estudiados es similar.

Hipótesis alternativa $H_1: \mu_a \neq \mu_b$. La media obtenida para la variable considerada y para los dos grupos estudiados es diferente.

b) Elección justificada de la prueba estadística.

Las variables dependientes sobre las que se aplicó esta prueba son cuantitativas de razón o de intervalo. Las variables independientes sobre las que se aplicó esta prueba (Titulación y Galilei) son variables cualitativas de tipo dicotómico. Si la población muestral era mayor de 30 y se verificaba la distribución normal de la variable mediante el test Kolmogorov Smirnov con correcciones de Liliefors y la prueba de Shapiro Wilk, la prueba estadística adecuada era la prueba t de *Student*, de aplicación tanto para muestras correlacionadas como para muestras independientes.

c) Presencia de variables extrañas.

Fueron eliminados de la prueba todos los valores de las variables cuantificativas que alcanzaron un valor superior o inferior a cinco veces el valor de la media.

d) Especificación del nivel de error o de significación (α).

Nivel de error: 0.05.

e) Definición de la distribución muestral

La distribución muestral fue una distribución de probabilidad que se formó con infinitos valores de t obtenidos de infinitas muestras aleatorias de la misma población, todas del mismo tamaño que la del problema de investigación.

f) Zona de rechazo de H_0 .

La zona de rechazo de H_0 fue una parte de la distribución muestral que estuvo formada por todos los valores cuya probabilidad, si H_0 es verdadera, sea ≤ 0.05 .

- Prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes. Contraste basado en la diferencia de medianas que se empleó para el caso de variables cuya distribución no fuera normal. Al igual que para la prueba t de *Student*, se verificaron las mismas condiciones estadísticas de significación y de rechazo, asumiendo el valor de 0.05 para las mismas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puesto que las pruebas estadísticas realizadas sobre las diferentes variables estuvieron condicionadas a su análisis y discusión, para lograr una mayor

claridad en la interpretación de los resultados obtenidos se decidió ir discutiendo los resultados a medida que estos eran obtenidos. De esta manera, su relación causal con respecto a las pruebas estadísticas realizadas fue más notoria.

Asimismo, antes de comenzar con el análisis de las variables recogidas que dan respuesta a los objetivos planteados, es necesario saber si existieron diferencias significativas entre los dos grupos de alumnos estudiados inicialmente, es decir, aquellos que cursaban la titulación de Ciencias Ambientales y aquellos que estudiaban Biotecnología.

En caso de existir diferencias, sería necesario realizar el estudio por separado para cada una de las titulaciones. De esta manera, y para verificar que la comparación de medias entre la variable *PruebaNivel* de las dos titulaciones puede realizarse mediante pruebas estadísticas paramétricas, se determinó si existía o no distribución normal en esta variable mediante el test Kolmogorov Smirnov con correcciones de Lilliefors y la prueba de Shapiro Wilk (se trataba de una variable cuantitativa de tipo razón y el número de sujetos muestrales es superior a 30).

La tabla 1 muestra para las variables dependientes, los valores alcanzados por sus estadísticos descriptivos, considerando media, media al 95 % de confianza con una significación del 5 %, media recortada al 5 %, mediana, varianza y desviación estándar.

Tabla 1. Descriptivos de las variables dependientes

Población total (Ciencias Ambientales y Biotecnología)					Población total (Ciencias Ambientales y Biotecnología)				
Galilei		Estadístico	Error estándar		Galilei		Estadístico	Error estándar	
STEMprevio	0.00	Media	1.4507	0.11131	STEMpost	0.00	Media	1.8310	0.10226
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.2287			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.6270	
		Límite superior	1.6727				Límite superior	2.0349	
	Media recortada al 5%	1.4139		Media recortada al 5%		1.8435			
	Mediana	1.0000		Mediana		2.0000			
	Varianza	0.880		Varianza		0.7420			
	Desviación estándar	0.93791		Desviación estándar		0.86166			
	1.00	Media	1.78	0.14368		1.00	Media	3.9600	0.12765
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.4913			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.7035	
		Límite superior	2.0687				Límite superior	4.2165	
	Media recortada al 5%	1.7889		Media recortada al 5%		4.0000			
	Mediana	2.0000		Mediana		4.0000			
	Varianza	1.032		Varianza		0.815			
	Desviación estándar	1.01599		Desviación estándar		0.90260			
Ciencias Ambientales					Biotecnología				
Galilei		Estadístico	Error estándar		Galilei		Estadístico	Error estándar	
PruebaNivel	0.00	Media	4.5795	0.33239	STEMpost	0.00	Media	5.7666	0.23546
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.9083			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5.2842	
		Límite superior	5.2508				Límite superior	6.2489	
	Media recortada al 5%	4.5864		Media recortada al 5%		5.8131			
	Mediana	4.4950		Mediana		5.8900			
	Varianza	4.640		Varianza		1.608			
	Desviación estándar	2.15410		Desviación estándar		1.26801			
	1.00	Media	4.3856	0.31258		1.00	Media	5.7683	0.29851
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.7430			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5.1492	
		Límite superior	5.0281				Límite superior	6.3873	
	Media recortada al 5%	4.3839		Media recortada al 5%		5.7537			
	Mediana	4.7600		Mediana		5.6400			
	Varianza	2.638		Varianza		2.050			
	Desviación estándar	1.62422		Desviación estándar		1.43163			

Ciencias Ambientales					Biotecnología				
Galilei		Estadístico	Error estándar	Galilei		Estadístico	Error estándar		
NotaFinal	0.00	Media	3.8929	0.23092	STEMpost	0.00	Media	4.7055	0.33753
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.4265	0.31782		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.0141	0.31884
		Límite superior	3.3592				Límite superior	5.3969	
		Media recortada al 5%	3.9495				Media recortada al 5%	4.7151	
	Mediana	4.0000	Mediana	5.0000					
	Varianza	2.240	Varianza	3.304					
	Desviación estándar	1.49656	Desviación estándar	1.81766					
	1.00	Media	6.9963	0.31782		1.00	Media	7.7000	0.31884
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6.3430	0.31782		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7.0388	0.31884
		Límite superior	7.6496				Límite superior	8.3612	
		Media recortada al 5%	7.0580				Media recortada al 5%	7.7618	
	Mediana	7.0000	Mediana	7.9000					
Varianza	2.727	Varianza	2.338						
Desviación estándar	1.65145	Desviación estándar	1.52911						
TrabajoSTEM	0.00	Media	4.9919	0.23871	TrabajoSTEM	0.00	Media	5.2517	0.33269
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.5098	0.23871		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.5703	0.26287
		Límite superior	5.4740				Límite superior	5.9332	
		Media recortada al 5%	4.9831				Media recortada al 5%	5.2655	
	Mediana	5.0000	Mediana	5.2000					
	Varianza	2.393	Varianza	3.210					
	Desviación estándar	1.54699	Desviación estándar	1.79157					
	1.00	Media	8.2222	0.21279		1.00	Media	8.1870	0.26287
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7.7848	0.21279		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7.6418	0.26287
		Límite superior	8.6596				Límite superior	8.7321	
		Media recortada al 5%	8.2327				Media recortada al 5%	8.2582	
	Mediana	8.1000	Mediana	8.4000					
Varianza	1.223	Varianza	1.589						
Desviación estándar	1.10570	Desviación estándar	1.26070						

Con el análisis de los resultados, se observaron importantes diferencias de medias entre el grupo experimental y el grupo control para las variables *NotaFinal*, *TrabajoSTEM* y *STEMpost*, consideradas las dos primeras para cada una de las titulaciones estudiadas (puesto que, como se explica en el apartado *a* y en la tabla 3, existen diferencias significativas entre los conocimientos iniciales de los alumnos procedentes de las dos titulaciones) y la tercera para el total de la población (puesto que, como se explica en el apartado *b* y en la tabla 3, no existen diferencias significativas entre la percepción STEM inicial de los alumnos procedentes de las dos titulaciones).

Sin embargo, fue necesario determinar si estas diferencias eran estadísticamente significativas, esto es, si realmente la probabilidad de que las diferencias fueran ciertas era superior al 95 %.

Se procedió a realizar el siguiente análisis para responder a los objetivos planteados para esta investigación:

a) Efecto académico del juego de mesa diseñado sobre el alumnado

Tras estudiar la normalidad de la variable *PruebaNivel* (tabla 2) se procedió a estudiar si existían diferencias significativas para la misma, entre las dos titulaciones consideradas mediante la prueba t de *Student*. La tabla 3 indica que sí existen diferencias significativas entre ellas, lo que obliga a estudiar el efecto académico que tiene el juego de mesa diseñado en cada una de las titulaciones por separado, esto es, cada titulación tiene su propio grupo control y su propio grupo experimental.

Tabla 2. Pruebas de normalidad para las variables cuantitativas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Población total (Ciencias Ambientales y Biotecnología)						
PruebaNivel	0.077	121	0.077	0.980	121	0.068
STEMprevio	0.238	121	0.000	0.895	121	0.000
STEMpost	0.161	121	0.000	0.923	121	0.000
Ciencias Ambientales						
PruebaNivel	0.074	69	0.200	0.982	69	0.425
HorasEstudio	0.0099	69	0.089	0.971	69	0.105
MediaOtrasAsig	0.102	69	0.073	0.970	69	0.093
NotaFinal	0.099	69	0.088	0.977	69	0.234
TrabajosSTEM	0.100	69	0.085	0.975	69	0.173

Biología						
PruebaNivel	0.072	52	0.200	0.981	52	0.560
HorasEstudio	0.093	52	0.200	0.969	52	0.185
MediaOtrasAsig	0.061	52	0.200	0.985	52	0.752
NotaFinal	0.072	52	0.200	0.976	52	0.353
TrabajosSTEM	0.094	52	0.200	0.969	52	0.189

* Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Pruebas t de Student de comparación de medias para la situación previa a la experimentación

Población total (Ciencias Ambientales y Biotecnología)

		Prueba Levene de igualdad de varianzas		Prueba t de igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencias de error estándar	Inferior	Superior
PruebaNivel	Se asumen varianzas iguales	10.926	0.001	-4.015	119	0.000	-1.26368	0.31474	-1.88691	-0.64046
	Se asumen varianzas distintas			-4.229	117.892	0.000	-1.26368	0.29879	-1.85538	-0.67199
Ciencias Ambientales										
PruebaNivel	Se asumen varianzas iguales	5.536	0.022	0.400	57	0.690	0.19397	0.48483	-0.77377	1.16170
	Se asumen varianzas distintas			0.425	65.187	0.672	0.19397	0.45628	-0.71723	1.10516
HorasEstudio	Se asumen varianzas iguales	1.336	0.252	0.842	67	0.403	3.94444	4.68515	-5.40715	13.29604
	Se asumen varianzas distintas			0.821	50.972	0.415	3.94444	4.80369	-5.69949	13.58838
MediaOtrasAsig	Se asumen varianzas iguales	1.613	0.208	1.368	67	0.176	0.56680	0.41423	-0.26001	1.39361
	Se asumen varianzas distintas			1.419	61.906	0.161	0.56680	0.39954	-0.23190	1.36550

Biotecnología										
PruebaNivel	Se asumen varianzas iguales	0.814	0.371	-0.005	50	0.996	-0.00171	0.37484	-0.75459	0.75117
	Se asumen varianzas distintas									
HorasEstudio	Se asumen varianzas iguales	1.608	0.211	-0.213	50	0.832	-1.00600	4.72081	-10.48802	8.47603
	Se asumen varianzas distintas			-0.209	42.749	0.836	-1.00600	4.82164	-10.73141	8.71942
MediaOtrasAsig	Se asumen varianzas iguales	0.089	0.766	-0.115	50	0.909	-0.04667	0.40656	-0.86328	0.76994
	Se asumen varianzas distintas			-0.115	47.369	0.909	-0.04667	0.40650	-0.86427	0.77093

Fuente: elaboración propia.

Además, para validar el estudio realizado fue necesario identificar la no existencia de diferencias previas entre el grupo control y el grupo experimental de cada una de las titulaciones. Para ello, no solo se debió garantizar que el conocimiento previo (variable *PruebaNivel*) del grupo control y del grupo experimental fuera similar en cada titulación, sino que también hubo que contar con medias estadísticamente iguales en las variables *HorasEstudio* y *MediaOtrasAsig*.

Validar esta condición supuso que no fue el alumnado que más estudiaba o con mejores rendimientos y/o niveles académicos aquel asociado al grupo experimental. Esta condición se comprobó para los grupos control y experimental de las dos titulaciones.

Con el fin de poder aplicar pruebas estadísticas paramétricas se realizó (tabla 2) una comprobación de la normalidad sobre las variables consideradas (*PruebaNivel*, *HorasEstudio* y *MediaOtrasAsig*) para las dos titulaciones consideradas.

Los resultados indicaron una significación estadística de las pruebas superior a 0.05, corroborándose así la distribución normal de las mismas. Se procedió posteriormente a la prueba de comparación de medias por medio de *t-Student* (tabla 3). El resultado indica que en ambas titulaciones, no hubo diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental, dando por válido el diseño experimental realizado.

Interesa ahora conocer si la participación en el proceso de ludificación por parte del grupo experimental supuso una diferencia estadísticamente significativa, sobre el grupo control en cuanto a resultados académicos de la asignatura considerada. Comprobando la normalidad de la variable *NotaFinal* (tabla 2) se realizó la prueba t de *Student* sobre la misma y para las dos titulaciones. Los resultados fueron los mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Pruebas t de *Student* de comparación de medias para el estudio de las diferencias, tras la experimentación, entre el grupo control y el grupo experimental

		Prueba Levene de igualdad de varianzas		Prueba t de igualdad de medias							
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencias de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
									Inferior	Superior	
Ciencias Ambientales											
NotaFinal	Se asumen varianzas iguales	0.979	0.326	-8.073	67	0.000	-3.10344	0.38444	-3.87078	-2.33610	
	Se asumen varianzas distintas			-7.900	51.582	0.000	-3.10344	0.39286	-3.89192	-2.31496	
TrabajoSTEM	Se asumen varianzas iguales	1.352	0.249	-9.405	67	0.000	-3.23032	0.34348	-3.91590	-2.54473	
	Se asumen varianzas distintas			-10.102	66.165	0.000	-3.23032	0.31978	-3.86785	-2.59188	
Biotecnología											
NotaFinal	Se asumen varianzas iguales	0.825	0.368	-6.321	50	0.000	-2.99448	0.47376	-3.94606	-2.04291	
	Se asumen varianzas distintas			-6.449	49.799	0.000	-2.99448	0.46431	-3.92718	-2.06179	
TrabajoSTEM	Se asumen varianzas iguales	2.435	0.125	-6.653	50	0.000	-2.93523	0.44119	-3.82139	-2.04907	
	Se asumen varianzas distintas			-6.923	49.380	0.000	-2.93523	0.42401	-3.78714	-2.08332	

Fuente: elaboración propia.

En los resultados de la tabla 4 se aprecia cómo, para ambos casos, las diferencias de medias, en torno a 3 puntos, fueron estadísticamente significativas, lo que demostró el efecto positivo, a nivel académico, que tuvo la utilización del juego de mesa diseñado.

Los resultados obtenidos están en línea con la bibliografía relativa a la utilización de elementos de ludificación en docencia (Kayımbaşioğlu et al., 2016; Paniagua et al., 2019). Sin embargo, es destacable el importante incremento en la media de la variable *NotaFinal* con respecto a los alumnos que pertenecen al grupo experimental.

Además, aunque sigue habiendo alumnos que, perteneciendo al grupo experimental no consiguen superar la asignatura, no es menos cierto que el porcentaje de alumnos que superan la asignatura se encuentra muy por encima (un 54 % superior) en el caso del grupo experimental con respecto al grupo control.

Prince (2004) observó ligeros descensos en el rendimiento académico al aplicar experiencias STEM sobre el alumnado (contrarrestado con un incremento en la capacidad resolutoria práctica del alumno); nuestra experiencia indica lo contrario, seguramente debido a la sinergia producida por la utilización de procesos de ludificación en la enseñanza STEM.

b) Efecto del juego diseñado en la capacidad del alumnado para integrar conocimientos de asignaturas del entorno STEM

La valoración inicial que dio el alumnado en su capacidad para integrar conocimientos de asignaturas propias de un entorno STEM fue recogida en la variable *STEMpre*, que, como se mostró en la tabla 2, y al igual que su similar *STEMpost* (apreciación del alumno al terminar el proceso experimental) no siguió una distribución normal. Esto implicó que su estudio estadístico se realizó a través de pruebas no paramétricas.

Al igual que con el estudio sobre la influencia de la experimentación sobre los resultados académicos del alumnado, fue necesario conocer si existían diferencias, en cuanto a la variable *STEMpre* entre titulaciones; de no existir diferencias, la comparación de resultados entre esta variable y la variable *STEMpro* (es decir, lo que piensa el alumno una vez finalizada la fase experimental) se podría realizar sobre todos los sujetos estudiados de forma conjunta, y no solo por titulaciones

como sucedía en el estudio de la influencia de la experiencia STEM ludificada sobre los resultados académicos del alumnado (apartado *a*).

Tal y como se muestra en la tabla 5, no hubo diferencias significativas entre las dos titulaciones para la variable *STEMpre*, con lo que se puede estudiar el efecto de la investigación sobre el total de la población, comenzando por verificar que no existieron diferencias iniciales entre el grupo control y el grupo experimental, lo que validó el diseño experimental utilizado.

Tabla 5. Pruebas U de Mann-Whitney para dos muestras independientes

Comparación <i>STEMpre</i> por asignaturas <i>a</i>		
	<i>STEMprevio</i>	<i>STEMpost</i>
U de Mann-Whitney	1444	-
W de Wilcoxon	3859	-
Z	-1.926	-
Sig. Asintótica (bilateral)	0.054	-
Comparación <i>STEMpre</i> y <i>STEMpost</i> por grupos de experimentación <i>b</i>		
U de Mann-Whitney	1433.500	193.000
W de Wilcoxon	3989.500	2749.000
Z	-1889	-8.512
Sig. Asintótica (bilateral)	0.059	0.000

a. variable de agrupación: Asignatura

b. variable de agrupación: Galilei

Fuente: elaboración propia.

Es necesario aclarar que, para este caso, la variable de comparación ya no fue la titulación cursada (Titulación) sino la pertenencia o no al grupo experimental (Galilei). La tabla 5 indicó esta ausencia de diferencias. Al realizar la misma prueba no paramétrica sobre la variable *STEMpost*, y tal y como se muestra en la tabla 5, se observaron diferencias significativas entre los dos grupos estudiados, esto es, los alumnos que han participado en el grupo experimental, tuvieron mayor percepción de su capacidad para integrar asignaturas STEM que los que pertenecen al grupo control, autovaloración que coincide con la diferente bibliografía que describe la percepción del alumno que participa en metodologías propias del educación STEM (Choi et al., 2019; Kanoksilapatham, 2016; Pucher & Lehner, 2011).

Con el fin de validar la percepción del alumno sobre su capacidad para integrar asignaturas propias de un entorno STEM, se calificó una actividad final basada en

la realización de un proyecto de diseño industrial a pequeña escala, que supuso la integración de conocimientos de ciencias, matemáticas y tecnología y se comparó la calificación obtenida por los alumnos pertenecientes al grupo control y los alumnos pertenecientes al grupo experimental. Sin embargo, puesto que sobre la misma influyeron los conocimientos previos que posee el alumnado, y para dar valor al resultado, fue necesario realizar esta comparación por titulaciones, puesto que, como se ha demostrado anteriormente, existían diferencias para la variable *PruebaNivel* entre las dos titulaciones consideradas (tabla 3).

De esta manera, y verificada la distribución normal de la variable *TrabajoSTEM* por titulaciones (tabla 2), se realizó un contraste paramétrico de medias con la prueba *t-Student*, de nuevo por titulaciones, y comparando el grupo experimental con el grupo control. Los resultados fueron los mostrados en la tabla 4 e indicaron que fueron los alumnos, independientemente de la titulación, los que obtuvieron una calificación, estadísticamente mayor, sobre el trabajo planteado, lo que confirmó la apreciación que los propios estudiantes hacían de su capacidad de integrar conocimientos de asignaturas STEM una vez realizada la fase experimental.

c) Valoración que tienen los alumnos sobre el carácter lúdico del juego diseñado

Tras finalizar su participación en las diferentes partidas realizadas con el juego de mesa, y solamente sobre el grupo experimental, se realizó una encuesta de satisfacción donde se pedía al alumnado que valorase de 0 a 10 (donde el 0 es el mínimo valor y el 10 es el máximo), por un lado, si el juego le resultaba atractivo y, por otro, el grado de diversión logrado con el mismo. La respuesta fue similar para las dos preguntas, no existiendo ningún alumno que calificase con una nota inferior a 7 la primera pregunta y 8 para la segunda. Además, se dio una respuesta de 9 o superior por el 87 % de los alumnos del grupo experimental para la primera pregunta y el 92 % para la segunda. Estos valores están en concordancia con los resultados mostrados en la bibliografía, en cuanto al grado de satisfacción que experimentan los alumnos al participar en dinámicas de ludificación en el ámbito docente (Chang et al., 2017; van Roy & Zaman, 2018).

CONCLUSIONES

Tras partir de la hipótesis de que es factible introducir elementos de ludificación en entornos universitarios de aprendizaje STEM sin necesidad de acudir al uso de videojuegos o pantallas digitales, se diseña un proceso experimental, tras la

creación de un juego de mesa diseñado para asignaturas STEM, que permita dar respuesta a los tres objetivos planteados: 1) estudiar, con significación estadística, el efecto académico que tiene sobre los alumnos el juego de diseño propio denominado Galilei; 2) estudiar, con significación estadística, el efecto que tiene el juego diseñado sobre la capacidad del alumnado para integrar conocimientos de asignaturas del entorno STEM y 3) conocer la valoración que tienen los alumnos sobre el carácter lúdico del juego de diseño propio denominado Galilei.

Después de someter a los alumnos de la asignatura Bases de Ingeniería, tanto de la titulación de Ciencias Ambientales como de la titulación de Biotecnología a un diseño experimental pretest-postest, en el que la diferencia entre el grupo control y el grupo experimental fue la utilización o no de un juego de mesa como elemento de ludificación (denominado Galilei, y que fue diseñado no solamente para el refuerzo de conocimientos académicos, sino también para favorecer la capacidad de integración de conocimientos propios de asignaturas STEM), los resultados obtenidos indican, con un nivel de significación del 5 %, que, tras verificar las condiciones iniciales de igualdad entre los dos grupos estudiados, son aquellos alumnos pertenecientes al grupo experimental los que, por un lado, consiguen alcanzar mejores resultados académicos en la asignatura, y por otro, no solo alcanzan una mayor capacidad para integrar conocimientos propios de la matemática, ciencia, tecnología e ingeniería (STEM), sino que la percepción que adquieren de su capacidad para realizar esta integración también es mayor.

Se concluye, por tanto, que la participación en dinámicas de ludificación mediante el juego de mesa diseñado (Galilei) ofrece mayores garantías de éxito académico, tanto para un aprendizaje convencional como para un aprendizaje basado en un entorno STEM, al tiempo que permite al alumno apreciar que está adquiriendo conocimientos dentro de un claro entorno de ludificación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la colaboración de Rodolfo Miguel Fernández, que ha colaborado en las tareas de diseño gráfico necesarias para la materialización del juego de mesa Galilei y a la subvención económica otorgada por el Plan de Apoyo a los Grupos de Innovación Docente de la Universidad de León.

REFERENCIAS

- Aarseth, E., Bean, A. M., Boonen, H., Colder Carras, M., Coulson, M., Das, D., Deleuze, J., Dunkels, E., Edman, J., Ferguson, C. J., Haagsma M.C., Helmersson Bergmark K., Hussain, Z., Jansz, J., Kardefelt-Winther, D., Kutner, L., Markey, P., Nielsen, R.K.L., Prause, N., Przybylski, A., Quandt, T., Schimmenti, A., Starcevic, V., Stutman, G., Van Looy, J., & Van Rooij, A. J. (2017). Scholars' Open Debate Paper on the World Health Organization ICD-11 Gaming Disorder Proposal. *Journal of Behavioral Addictions*, 6(3), 267-270. [URL](#)
- Adukaite, A., van Zyl, I., Er, Ş., & Cantoni, L. (2017). Teacher Perceptions on the Use of Digital Gamified Learning in Tourism Education: The Case of South African Secondary Schools. *Computers & Education*, 111, 172-190. [URL](#)
- Aladé, F., Lauricella, A. R., Beaudoin-Ryan, L., & Wartella, E. (2016). Measuring with Murray: Touchscreen Technology and Preschoolers' STEM Learning. *Computers in Human Behavior*, 62, 433-441. [URL](#)
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Preliminary Meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 12(5-6), 23-37. [URL](#)
- Berbegal-Mirabent, J. (2018). The Influence of Regulatory Frameworks on Research and Knowledge Transfer Outputs: An Efficiency Analysis of Spanish Public Universities. *Journal of Engineering and Technology Management*, 47, 68-80. [URL](#)
- Bermejo, S. P., & Prieto, L. F. C. (2019). Problems Without Data: An Emerging Methodology to Change The Way of Teaching Engineering Problems. *International Journal of Engineering Education*, 35(4), 1238-1249.
- Bíró, G. I. (2014). Didactics 2.0: A Pedagogical Analysis of Gamification Theory from a Comparative Perspective with a Special View to the Components of Learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 141, 148-151. [URL](#)
- Brien, R. (1990). *Science cognitive et formation*. Presses de l'Université du Québec.
- Buiza-Aguado, C., García-Calero, A., Alonso-Cánovas, A., Ortiz-Soto, P., Guerrero-Díaz, M., González-Molinier, M., & Hernández-Medrano, I. (2017). Los videojuegos: una afición con implicaciones neuropsiquiátricas. *Psicología Educativa*, 23(2), 129-136. [URL](#)

- Calvo Prieto, L. F., Herrero Martínez, R., García Pérez, A. I., & Paniagua Bermejo, S. (octubre de 2018). Gamification as a Way to Reduce the Operating Method at Engineering Classes. En The International Academic Forum (organizador), *The Asian Conference on Education 2018 (ACE2018)* (pp. 61-71). Tokyo (japan): (ACE2018), Asian Conference on Education 2018. [URL](#)
- Cassidy, T. (2000). Social Background, Achievement Motivation, Optimism and Health: A Longitudinal Study. *Counselling Psychology Quarterly*, 13(4), 399-412. [URL](#)
- Chalaris, M., Chalaris, I., Skourlas, C., & Tsolakidis, A. (2013). Extraction of Rules Based on Students' Questionnaires. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 73, 510-517. [URL](#)
- Chang, C. C., Liang, C., Chou, P. N., & Lin, G. Y. (2017). Is Game-based Learning Better in Flow Experience and Various Types of Cognitive Load than Non-game-based Learning? Perspective from Multimedia and Media Richness. *Computers in Human Behavior*, 71, 218-227. [URL](#)
- Choi, J., Lee, J. H., & Kim, B. (2019). How Does Learner-centered Education Affect Teacher Self-efficacy? The Case of Project-based Learning in Korea. *Teaching and Teacher Education*, 85, 45-57. [URL](#)
- Dahlberg, G. M., Moss, P., & Pence, A. (2013). *Beyond Quality in Early Childhood Education and Care: Languages of Evaluation*. Routledge.
- de Paula Arruda Filho, N. (2017). The Agenda 2030 for Responsible Management Education: An Applied Methodology. *The International Journal of Management Education*, 15(2), 183-191. [URL](#)
- Dreessen, K., & Schepers, S. (2019). Foregrounding Backstage Activities for Engaging Children in a FabLab for STEM Education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 20, 35-42. [URL](#)
- Fernández-Villa, T., Alguacil Ojeda, J., Almaraz Gómez, A., Cancela Carral, J. M., Delgado-Rodríguez, M., García-Martín, M., Jiménez-Mejías, E., Llorca, J., Molina, A. J., Ortíz Moncada, R., Valero-Juan, L. F., & Martín, V. (2015). Uso problemático de internet en estudiantes universitarios: factores asociados y diferencias de género. *Adicciones*, 27(4), 265-275. [URL](#)
- Groos, K. (1908). *The play of man*. Appleton.

- Gutiérrez, D. C., & Villegas, E. G. (2015). The Importance of Teaching Methodology in Higher Education: A Critical Look. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 377-382. [URL](#)
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2013). Social Motivations to Use Gamification: An Empirical Study of Gamifying Exercise. En 21st European Conference on Information Systems, ECIS. [URL](#)
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1089-1113. [URL](#)
- Hooper, S., & Rieber, L. P. (1995). Teaching with Technology. En A. C. Ornstein (editor), *Teaching: Theory into practice* (pp. 154-170). Allyn and Bacon.
- Kanoksilapatham, B. (2016). Language, Literacy, and Learning in STEM Education. *Journal of English for Academic Purposes*, 22, 194-196. [URL](#)
- Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. John Wiley & Sons.
- Kayımbaşıoğlu, D., Oktekin, B., & Hacı, H. (2016). Integration of Gamification Technology in Education. *Procedia Computer Science*, 102, 668-676. [URL](#)
- Marmeleira, J., & Duarte Santos, G. (2019). Do Not Neglect the Body and Action: The Emergence of Embodiment Approaches to Understanding Human Development. *Perceptual and motor skills*, 126(3), 410-445. [URL](#)
- Paniagua, S., Herrero, R., García-Pérez, A. I., & Calvo, L. F. (2019). Study of Binqi. An Application for Smartphones Based on the Problems Without Data Methodology to Reduce Stress Levels and Improve Academic Performance of Chemical Engineering Students. *Education for Chemical Engineers*, 27, 61-70. [URL](#)
- Park, N. (2004). The Role of Subjective Well-being in Positive Youth Development. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 591(1), 25-39. [URL](#)
- Pastor, R., Hernández, R., Ros, S., Robles-Gómez, A., Caminero, A., Castro, M., & Hernández, R. (2011). A Video-message Evaluation Tool Integrated in the

- UNED e-Learning Platform. *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*, F3C-1. IEEE. [URL](#)
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in Practice and Research: An Integrative Literature Review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. [URL](#)
- Pimthong, P., & Williams, J. (2018). Preservice Teachers' Understanding of STEM Education. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 1-7. [URL](#)
- Prince, M. J. (2004). Does active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. [URL](#)
- Pucher, R., & Lehner, M. (2011). Project based Learning in Computer Science – A Review of More than 500 Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 29, 1561-1566. [URL](#)
- Rapp, A., Hopfgartner, F., Hamari, J., Linehan, C., & Cena, F. (2019). Strengthening Gamification Studies: Current Trends and Future Opportunities of Gamification Research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127, 1-6. [URL](#)
- Rodrigues, L. F., Oliveira, A., & Rodrigues, H. (2019). Main Gamification Concepts: A Systematic Mapping Study. *Heliyon*, 5(7). [URL](#)
- Rosenlund, L. (2019). The Persistence of Inequalities in an Era of Rapid Social Change. Comparisons in Time of Social Spaces in Norway. *Poetics*, 74, 1-16. [URL](#)
- Roth, S. (2019). Heal the world. A Solution-focused Systems Therapy Approach to Environmental Problems. *Journal of Cleaner Production*, 216, 504-510. [URL](#)
- Salinas de Sandoval, J., & Colombo de Cudmani, L. (1992). Los laboratorios de Física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), 10-17. [URL](#)
- Sanz, R., Peris, J. A., & Escámez, J. (2017). Higher Education in the Fight Against Poverty from the Capabilities Approach: The Case of Spain. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2(2), 53-66. [URL](#)
- Sevillano García, M. L. (2007). Nuevas tecnologías, nuevos medios y didáctica buscan convergencias formativas. *Bordón. Revista de pedagogía*, 59(2-3), 451-473. [URL](#)

- Smith, R. C., & Iversen, O. S. (2018). Participatory Design for Sustainable Social Change. *Design Studies*, 59, 9-36. [URL](#)
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2018). Dancing Robots: Integrating Art, Music, and Robotics in Singapore's Early Childhood Centers. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 325-346. [URL](#)
- Tapia, F. J. B., & Martinez-Galarraga, J. (2018). Inequality and Education in Pre-industrial Economies: Evidence from Spain. *Explorations in Economic History*, 69, 81-101. [URL](#)
- Thomas, B., & Watters, J. J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian Approaches to STEM Education. *International Journal of Educational Development*, 45, 42-53. [URL](#)
- Thuneberg, H. M., Salmi, H. S., & Bogner, F. X. (2018). How Creativity, Autonomy and Visual Reasoning Contribute to Cognitive Learning in a STEAM Hands-on Inquiry-based Math Module. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 153-160. [URL](#)
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). *STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Report of a Project to Identify the Missing Components*. [URL](#)
- van Roy, R., & Zaman, B. (2018). Need-supporting Gamification in Education: An Assessment of Motivational Effects over Time. *Computers & Education*, 127, 283-297. [URL](#)
- Vo, H. M., Zhu, C., & Diep, N. A. (2017). The Effect of Blended Learning on Student Performance at Course-level in Higher Education: A Meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 17-28. [URL](#)
- Wijnia, L., Kunst, E. M., van Woerkom, M., & Poell, R. F. (2016). Team learning and its association with the implementation of competence-based education. *Teaching and Teacher Education*, 56, 115-126. [URL](#)
- Xi, N., & Hamari, J. (2019). Does Gamification Satisfy Needs? A Study on the Relationship Between Gamification Features and Intrinsic Need Satisfaction. *International Journal of Information Management*, 46, 210-221. [URL](#)
- Xu, Y. J. (2008). Faculty Turnover: Discipline-specific Attention is Warranted. *Research in Higher Education*, 49(1), 40-61. [URL](#)

Yanez, G. A., Thumlert, K., de Castell, S., & Jenson, J. (2019). Pathways to Sustainable Futures: A “Production Pedagogy” Model for STEM Education. *Futures*, 108, 27-36. [URL](#)

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media.