



Serious games versus enseñanza tradicional. Un estudio neurotecnológico para cuantificar las diferencias en la actividad cerebral

Serious games versus masterclass. A neurotechnological study to quantify differences in brain activity

D. Juárez-Varón^b, Hci Lai Choi^{a*}, A. Mengual-Recuerda^c, B. Andrés^d y R. de la Torre^e

^aUniversidad Sergio Arboleda, Colombia, hci.choi@usa.edu.co, . ^bUniversitat Politècnica de València, España, djuarez@upv.es, . ^cUniversitat Politècnica de València, España, anmenre1@upv.es, . ^dUniversitat Politècnica de València, España, bandres@cigip.upv.es, . ^eUniversitat Politècnica de València, España, mrtormar@cigip.upv.es, .

How to cite: Juárez-Varón, D.; Hci Lai, C.; Mengual-Recuerda, A.; Andrés, B. y De la Torre, R. (2024). Serious games versus enseñanza tradicional. Un estudio neurotecnológico para cuantificar las diferencias en la actividad cerebral. En libro de actas: *X Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 11 - 12 de julio de 2024.

Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2024.2024.18888>

Abstract

This research delves into the comparative analysis of brain activity using gamification through serious games in the classroom versus traditional teaching. This study aims to employ neurotechnologies to record and analyze the impact of the active learning methodology of serious games on relevant variables in the learning process within a university education setting, presenting an innovative contribution to existing literature. Neuroscience technology, including galvanic skin response (GSR) and electroencephalography (EEG), has been utilized to measure cognitive processing of stimuli tailored to an academic experience in a university master's class. By examining brain records related to attention, interest, excitement, stress, relaxation, and emotional connection in a face-to-face educational environment, the findings provide a quantitative assessment of key learning variables through brain signals. This assessment specifically focuses on the in-person monitoring format, with gamification employing serious games as the active methodology employed. The application of neuroscience technologies facilitates understanding variations in levels of brain activation among students, shedding light on the contributions of this active teaching methodology to the learning process

Keywords: Learning; educational innovation; neuroeducation; neurotechnology; gamification; serious game; active methodology; active learning

Resumen

Esta investigación profundiza en el análisis comparativo de la actividad cerebral utilizando la gamificación mediante serious games en el aula versus enseñanza tradicional. Este estudio tiene como objetivo emplear neurotecnologías para registrar y analizar el impacto de la metodología de aprendizaje activo serious games en variables relevantes en el proceso de aprendizaje dentro de un entorno de educación universitaria, presentando una contribución

innovadora a la literatura existente. Se ha utilizado tecnología de neurociencia, incluida la respuesta galvánica de la piel (GSR) y la electroencefalografía (EEG), para medir el procesamiento cognitivo de estímulos adaptados a una experiencia académica en una clase de maestría universitaria. Al examinar los registros cerebrales relacionados con la atención, el interés, la excitación, el estrés, la relajación y la conexión emocional, en un entorno educativo presencial, los hallazgos proporcionan una evaluación cuantitativa de variables clave del aprendizaje a través de señales cerebrales. Esta evaluación se centra específicamente en el formato de seguimiento presencial y la gamificación empleando serious games es la metodología activa empleada. La aplicación de tecnologías de neurociencia facilita la comprensión de las variaciones en los niveles de activación cerebral entre los estudiantes, arrojando luz sobre las contribuciones de esta metodología de enseñanza activa al proceso de aprendizaje

Palabras clave: *Aprendizaje; innovación educativa; neuroeducación; neurotecnología; gamificación; serious game; metodología activa; aprendizaje activo*

1. Introducción

La innovación en educación implica realizar cambios en el proceso de aprendizaje con el objetivo de mejorar los resultados (Kottmann et al., 2024). Existe una tendencia hacia la adopción de técnicas innovadoras como la gamificación, los juegos de roles, la docencia inversa y las dinámicas de grupo para mejorar el aprendizaje (Maleko et al., 2018). El análisis debe centrarse en las interacciones entre profesores y estudiantes, así como entre los propios estudiantes, tanto en términos de cantidad como de calidad, en lugar de centrarse únicamente en la asistencia de los estudiantes. El conocimiento de los principios del aprendizaje basado en el cerebro contribuye al avance de la innovación educativa, enfatizando la importancia de la neuroeducación en el desarrollo de los sistemas educativos (Hillman, 2011). El objetivo de esta investigación es utilizar tecnologías de neurociencia para determinar la diferencia en los niveles de activación cerebral entre un grupo de estudiantes que asisten a una clase magistral o masterclass y posteriormente participan en una actividad de gamificación en el aula empleando serious games a través del ordenador, ambos pertenecientes a un nivel de estudio de postgrado. Se empleó biometría para monitorizar la intensidad emocional (GSR - respuesta galvánica de la piel) y la actividad cerebral (EEG - electroencefalografía), como se refleja en variables como atención, interés, excitación, estrés, relajación y conexión emocional (engagement).

2. Objetivos

Esta investigación pretende dar respuestas empíricas respecto a la eficiencia comparativa entre la enseñanza presencial tradicional y la enseñanza en el aula basada en la gamificación, empleando serious games.

Consecuentemente, la investigación tiene objetivos específicos:

- Analizar los niveles de intensidad emocional registrados en función del formato de enseñanza (masterclass o serious games).
- Analizar los niveles de atención, interés, excitación, estrés, relajación y conexión emocional de los participantes, en función del tipo de enseñanza impartida en el aula.
- Determinar qué metodología docente es más eficaz, a partir de los datos aportados en los registros experimentales.

3. Desarrollo de la innovación

3.1 Estado del arte

Enseñanza Tradicional – Masterclass

La clase magistral o masterclass es una forma tradicional de enseñanza donde el profesor juega un papel central en la transmisión de conocimientos y los estudiantes actúan como receptores de información. El profesor habla la mayor parte de la clase mientras los estudiantes escuchan y toman notas. La clase magistral tiene varias ventajas, como la capacidad de transmitir una gran cantidad de información en un tiempo relativamente corto, lo que permite al profesor profundizar en temas complejos y desafiantes, y puede ser una experiencia estimulante e inspiradora para los estudiantes. Este método se suma a la disponibilidad de información, la capacidad del docente para controlar el proceso de aprendizaje y la objetividad de las evaluaciones (Soboleva et al., 2021). Sin embargo, la clase magistral también tiene algunas desventajas, ya que puede ser una forma pasiva de aprendizaje, que limita a los estudiantes a escuchar y tomar notas. Puede resultar difícil mantener la atención de los estudiantes durante un período prolongado y puede dificultar su participación en el proceso de aprendizaje.

El panorama educativo actual ha requerido la incorporación de metodologías activas-participativas al paradigma tradicional de enseñanza-aprendizaje (López-Alegría & Fraile, 2023). Las estrategias que pueden mejorar la clase magistral incluyen el uso de materiales visuales (diapositivas, videos o experimentos para ilustrar conceptos y hacerlos más atractivos para los estudiantes), fomentar la participación de los estudiantes (haciendo preguntas, trabajo en grupo o tareas) y promoviendo la reflexión (fomentando que los estudiantes piensen en los conceptos que están aprendiendo). En consecuencia, la clase magistral es un método de enseñanza eficaz cuando se utiliza adecuadamente. Los profesores deben considerar las ventajas y desventajas de este método y emplear estrategias para mejorar su eficacia (Jelovica & Alajbeg, 2023).

Innovación en Educación

La aplicación de la innovación en el ámbito educativo se conoce como investigación educativa, cuyo objetivo es realizar una exploración sistemática de una pregunta de investigación relevante (Watts et al., 2023). Lo que típicamente distingue a esta investigación de otros tipos de enfoques tradicionales es en gran medida la naturaleza del problema que aborda. La innovación en servicios, productos, procesos y conocimientos impulsa el cambio en la educación, contribuyendo a abordar desafíos y situaciones que surgen de las prácticas y métodos de enseñanza. En este contexto, la innovación educativa se define como la introducción de cambios destinados a mejorar los resultados del aprendizaje a través de mejoras en la formación (Bastone et al., 2023; Clark et al., 2016). Para lograr esto, la innovación educativa debe adoptarse de manera inclusiva y holística, involucrando a estudiantes, proveedores educativos, comunidades, empresas y organizaciones políticas en la integración de aspectos clave de la innovación en todos los niveles de su estructura jerárquica.

Además, es esencial comprender la clasificación de los enfoques de investigación. Académicos como Ramírez-Montoya (Ramírez-Montoya et al., 2020) proponen una clasificación integral que abarca la gestión educativa (planificación, organización, administración, gestión de recursos y evaluación), la psicopedagogía (enseñanza y aprendizaje), la tecnología aplicada a la educación (uso y desarrollo, tanto presencial como a distancia), y gestión sociocultural.

Gamificación en el aula

Una de las tendencias innovadoras más importantes en la educación moderna es la gamificación, a menudo considerada como un sistema que emplea componentes de juego en entornos no relacionados con el juego (Astashova et al., 2023). La gamificación en el aula es una técnica de enseñanza que utiliza elementos basados en juegos, como la competencia entre pares, el trabajo en equipo o los tableros de puntuación, para mejorar la participación y facilitar la asimilación de nueva información entre los estudiantes. La gamificación se basa en la idea de que los juegos son una forma eficaz de motivar a las personas y estimular su aprendizaje, ya que los juegos suelen ser divertidos, desafiantes y gratificantes, lo que los convierte en una herramienta ideal para el aula. La gamificación ofrece varias ventajas para los estudiantes, entre ellas una mayor motivación (promoviendo el aprendizaje), una mejor retención y el desarrollo de habilidades como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la creatividad, con entornos satisfactorios para el aprendizaje activo sin pérdida del rendimiento académico (Murillo-Zamorano et al., 2021), permitiendo el cultivo de habilidades particularmente relevantes para los profesionales del siglo XXI.

La gamificación puede ser una herramienta eficaz para mejorar el aprendizaje en el aula, mediante la cual los profesores pueden ayudar a motivar a los estudiantes, mejorar su retención y desarrollar sus habilidades. Esta metodología puede ayudar a los educadores a desarrollar estrategias pedagógicas innovadoras para promover el aprendizaje activo y experiencial en entornos controlados (Ilbeigi et al., 2023). El estudiante de la nueva era, la Generación Z, es diferente de sus predecesores y, por tanto, los educadores necesitan intervenciones pedagógicas para atender a este grupo de estudiantes (Saxena & Mishra, 2021). Es necesario renovar el sistema educativo para incorporar herramientas que satisfagan las necesidades de los estudiantes, siendo la gamificación una herramienta de motivación y compromiso para la Generación Z en los niveles educativos superiores, creando un entorno de aprendizaje atractivo y significativo. Teniendo en cuenta que uno de los problemas más relevantes que enfrenta la educación hoy en día es la falta de motivación de los estudiantes, resulta tentador examinar si la gamificación puede impactar positivamente en la motivación, lo que resulta en un mayor interés y compromiso entre los estudiantes (Giordano & Dias de Souza, 2021). La metodología de gamificación en educación incluye enfoques sistemáticos, orientados a la personalidad y basados en actividades, sirviendo como un método de enseñanza innovador cuyos componentes incluyen elementos, mecanismos, dinámicas y personajes del juego (Viktoria et al., 2022). La revisión de la literatura sugiere tres perspectivas principales sobre la gamificación, como la innovación en procesos que revelan problemas (investigación), estimulan comportamientos novedosos (inducción) o transforman procesos (intervención) para mejorar la efectividad y el compromiso (AlSaad & Durugbo, 2021).

La gamificación representa una herramienta con un importante potencial en el diseño e implementación de acciones formativas. La metodología se percibe como particularmente relevante para el desarrollo de la expresión escrita, el aprendizaje significativo, la promoción de la retroalimentación, el fomento del trabajo en equipo o la presentación de contenidos complejos en formatos más atractivos (Cuevas Monzonis et al., 2021). La gamificación se utiliza para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje de diversas disciplinas, como matemáticas, ingeniería, economía, nutrición, etc. (Ilbeigi et al., 2023; Moreno-Guerrero et al., 2021; Pardim et al., 2023), tanto en formato presencial como e-learning (Saleem et al., 2022), así como aprendizaje de idiomas (Chan et al., 2022), formación en instrumentos musicales (Aras & Can, 2023), prácticas inclusivas (Manzano-Leon et al., 2022), promoviendo la autorrealización de los estudiantes (Tsurkan et al., 2023), o incluso en aumentar la tasa de finalización de los MOOC (Massive Open Online Courses) (Nesterowicz et al., 2022). Si bien es probable que la gamificación experimente el efecto de novedad, también se beneficia del efecto de familiaridad, lo que contribuye a un impacto positivo general en los estudiantes (Rodriguez et al., 2022).

La gamificación tiene un potencial significativo para abordar los inconvenientes de otras metodologías, como el aprendizaje invertido, una estrategia de enseñanza cada vez más común. Agregar elementos de juego a un aula invertida produce una mayor motivación, participación y un mejor rendimiento del aprendizaje (Ekici, 2021). Plataformas como Moodle y Kahoot son las más preferidas, y los puntos, insignias y tablas de clasificación son los elementos del juego más utilizados para la gamificación. Asimismo, la tecnología puede ayudar a mejorar la eficiencia de la gamificación, generando diversos beneficios para los estudiantes, ayudando a los educadores, mejorando el proceso educativo y facilitando la transición hacia un aprendizaje mejorado (Lampropoulos et al., 2022). Los estudiantes demuestran cambios positivos en el comportamiento, la actitud y la psicología, así como un mayor compromiso, motivación, participación activa, adquisición de conocimientos, concentración, curiosidad, interés, disfrute, rendimiento académico y resultados del aprendizaje (Magadan-Díaz & Rivas-García, 2022). Finalmente, los profesores también valoran positivamente estas actividades ya que potencian la motivación para el aprendizaje. Es necesario desarrollar herramientas de validación, técnicas de diseño apropiadas y teorías para crear experiencias de aprendizaje colaborativas y personalizadas y promover y mejorar la calidad de los estudiantes, con un evidente desarrollo cognitivo y socioemocional.

El aprendizaje y el cerebro

Es fundamental reestructurar las prácticas pedagógicas para conectar el aprendizaje con el funcionamiento del cerebro, integrando conocimientos de la neurociencia. En este contexto, la neuroeducación surge como una nueva disciplina cuyo objetivo principal es fusionar la pedagogía, la psicología cognitiva y la neurociencia. Su finalidad es dotar a los distintos agentes educativos de los recursos necesarios para comprender la relación entre el cerebro y el proceso de aprendizaje. La investigación en neurociencia se centra en los fundamentos neuronales del aprendizaje, la memoria, las emociones y diversas funciones cerebrales, ofreciendo resultados de gran aplicación en el ámbito educativo (Howard-Jones, 2014). El desarrollo de la neuroeducación no sólo impulsa la innovación educativa, sino que también contribuye al progreso de los sistemas educativos.

Existe un debate en curso sobre la aplicabilidad del conocimiento de la investigación en neurociencia a los problemas educativos (Bueno & Fores, 2021), y se están llevando a cabo exploraciones activas en todo el mundo para establecer conexiones potenciales entre la neurociencia y la educación. Se han utilizado varias etiquetas, como neuroeducación, neurociencia educativa y mente, cerebro y educación, para describir estos esfuerzos. Sin embargo, la transición de la investigación en neurociencia a la práctica educativa presenta desafíos importantes. Este proceso es extenso y comienza desde una base de ciencia básica. La complejidad del aprendizaje en el cerebro y el estado actual del conocimiento científico plantean el riesgo de una aplicación prematura antes de establecer una base sólida. Este riesgo se ve exacerbado por el deseo legítimo de los formuladores de políticas de utilizar evidencia científica para guiar sus decisiones educativas (Bittencourt & Willetts, 2018), así como por el entusiasmo de los educadores por incorporar conocimientos sobre la función cerebral en su enseñanza. Además, la interacción entre las disciplinas de la neurociencia, la psicología y la educación a veces ha estado marcada por la competencia más que por la colaboración, y los investigadores educativos todavía muestran escepticismo hacia las exageraciones que rodean el campo educativo.

Neuroeducación

La neuroeducación, como disciplina emergente, facilita el examen de los usuarios, sus percepciones y la experiencia general (Borst, 2023). Esta área de estudio permite documentar la existencia de potenciales

conexiones emocionales positivas entre los estudiantes y las clases que reciben, permitiendo determinar científicamente los niveles de atención y emoción que se generan al prestar atención a las lecciones impartidas. Además, establece una clara distinción entre enseñanza tradicional y gamificación. Se han realizado investigaciones sobre el uso de la tecnología de electroencefalografía portátil (PEEGT) en la investigación educativa (Juárez-Varón et al., 2023), específicamente para analizar los niveles de atención, interés, conexión emocional (engagement) y estrés.

Si bien la neuroeducación se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo en investigación, está generando diálogos críticos entre docentes, autoridades educativas, familias y comunidad científica. Explorando la delimitación conceptual del término, la neuroeducación se clasifica como una aplicación de la neurociencia cognitiva, especialmente cuando no existen diferencias sustanciales en las orientaciones filosóficas y metodológicas entre la educación y la neurociencia cognitiva (Campbell, 2011). Es un campo de investigación educativa basado en los mecanismos de los procesos de información, teorías y métodos de la neurociencia cognitiva aplicada. Sin embargo, a diferencia de éstas, la neuroeducación no se limita a estos elementos, sino que se centra en el individuo como su objeto principal, no sólo en los mecanismos fisiológicos y biológicos que forman la base de la neurociencia. Dado el enfoque transdisciplinario de la neurociencia, la neuroeducación tiene el potencial de contribuir a la creación de nuevos marcos educativos y metodologías de investigación que sirvan de referencia en la relación entre el aprendizaje y el cerebro.

A pesar de los importantes avances en el análisis de ondas cerebrales en diversos contextos académicos y profesionales, la aplicación de este análisis en entornos educativos ha sido limitada. Gracias a los avances tecnológicos, los dispositivos de electroencefalografía (EEG) son cada vez más portátiles y compactos, lo que facilita la recopilación de datos precisos de ondas cerebrales con una preparación sencilla. Actualmente, hay indicios de que un número creciente de investigadores optan por utilizar la tecnología EEG portátil (PEEGT) como herramienta de investigación en sus estudios educativos, lo que sugiere que podría ser una herramienta relevante para mejorar la investigación educativa. Sin embargo, esta afirmación aún requiere de un respaldo más sólido a través de la aplicación de experiencias y, sobre todo, de la evidencia empírica.

3.2 Metodología

En este estudio se ha utilizado tecnología de neurociencia para registrar la actividad cerebral con el objetivo de capturar el procesamiento cognitivo durante una experiencia académica en una clase universitaria (asignatura Desarrollo de Habilidades Sociales y Directivas, parte del máster en dirección de marketing y comunicación empresarial de la Universitat Politècnica de València (MaCom). El estudio diferencia entre una charla de 45 minutos sobre el desarrollo de habilidades directivas para la toma de decisiones como líder de una organización, y una actividad de gamificación en el aula (también de 45 minutos), empleando un programa informático basado en un serious game, titulado " Simulador de Negocios en línea CompanyHike CEOVirtual", del fabricante CompanyHike (<https://companyhike.com/>), versión Aula CEO Virtual 1.0.

La aplicación de la tecnología de la neurociencia permite analizar la efectividad de los estímulos dirigidos a los usuarios y la psicología del comportamiento del consumidor (Juárez-Varón et al., 2024), proporcionando más información que otros métodos de investigación convencionales, donde pueden surgir limitaciones por el comportamiento o las percepciones de los participantes. En este estudio, se emplean dos técnicas específicas de neurociencia: respuesta de conductancia de la piel (GSR) y electroencefalografía (EEG). La actividad electrodérmica (EDA) se registra a través de GSR, lo que refleja cambios en la excitación emocional en respuesta a los estímulos presentados. La actividad cerebral, captada a través de ondas cerebrales, se registra mediante EEG (Núñez-Cansado et al., 2024).

3.2.1. Características de la muestra

La muestra seleccionada para el estudio está compuesta por estudiantes universitarios con edades entre 20 y 22 años interesados en el tema de habilidades gerenciales y sociales. En total, hubo 24 estudiantes (50% hombres, 50% mujeres), distribuidos uniformemente, lo que representa un tamaño de muestra adecuado para un estudio de neuroeducación, con un mínimo exigible de 20 participantes (Juárez-Varón et al., 2023). El trabajo de campo se realizó entre octubre y diciembre de 2023, y el estudio tuvo lugar en el Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València (Alicante, España).

3.2.2. Recogida y análisis de datos

Para registrar la actividad electrodérmica se utilizó el modelo Shimmer3 GSR+ en ambos grupos, empleando el software ConsensusPRO, v.1.6 para la recolección de datos. Esta grabación permitió determinar el nivel de excitación emocional experimentado por los participantes a lo largo de la sesión, indicando la cantidad de activación simpática durante la experiencia emocional (Juarez-Varon et al., 2023). En cuanto al registro de la actividad cerebral se utilizó el equipo de electroencefalografía portátil EPOC+ del fabricante Emotiv, que cuenta con 14 canales y electrodos de base salina. La recolección de datos se realizó mediante el software EmotivPRO v.2.0. Esta tecnología se utiliza para interpretar las emociones más relevantes experimentadas, en función de la información recopilada de la actividad cerebral. Las activaciones cerebrales analizadas incluyeron atención (centrarse en una tarea específica), interés (atracción o aversión al estímulo), emoción a largo plazo (excitación fisiológica con un valor positivo, derivada de la activación del sistema nervioso simpático, que refleja entusiasmo), estrés (medida de comodidad con el desafío actual), relajación (capacidad de recuperarse de una concentración intensa) y conexión emocional (una mezcla de atención y concentración, en contraste con el aburrimiento). El engagement se define como la capacidad de una marca, producto, servicio o estímulo de establecer una conexión duradera entre ambas partes (Emotiv, 2023).

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software R, v.3.6.3. Se establecieron estímulos comunes para todos los participantes (voluntarios), siendo variables independientes la edad y el sexo de los participantes, teniendo un perfil sociocultural similar determinado por el perfil principal de la carrera. Las variables dependientes incluyeron el nivel de intensidad emocional y los niveles de atención, interés, emoción a largo plazo, estrés, relajación y conexión emocional en respuesta a los estímulos observados.

Para este estudio se llevó a cabo un experimento centrado en la biometría para comprender las percepciones subconscientes de los estudiantes al observar las clases, tanto en formato masterclass como a través de gamificación. El estudio se desarrolló durante 8 días, con 4 participantes diferentes por sesión. Ningún miembro del grupo había jugado previamente al serious game planteado. La duración total de las sesiones fue de 45 minutos, durante los cuales se registró la actividad cerebral de los estudiantes mediante tecnologías GSR y EEG. Finalmente, se empleó un análisis de datos cualitativos para evaluar la percepción de los participantes sobre la actividad de gamificación, identificando aspectos clave relevantes.

4. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del registro de la actividad emocional cerebral, diferenciando los resultados entre clase magistral y gamificación empleando serious game. Los resultados obtenidos de los registros de actividad electrodérmica (GSR) y electroencefalografía (EEG) se presentan, de manera agregada, en las Tablas 1 y 2, y en la Figura 1, tanto para para la clase magistral, como para la

gamificación. La Tabla 1 separa los resultados generales de la clase magistral y los resultados generales de la gamificación mediante serious game, para los registros de respuesta galvánica de la piel.

Tabla 1. Registros GSR para la actividad lección magistral y para la actividad mediante gamificación serious game.
Fuente: Elaboración propia

Respuesta promedio emocional del grupo	Arousal	SCR	% SCR en la sesión
Masterclass	0,42	156	34,34%
Serious game	0,35	225	39,41%
Serious game vs. masterclass	-16,67%	+44,23%	+14,76%

Tabla 2. Registros EEG para la actividad lección magistral y para la actividad mediante gamificación serious game.
Fuente: Elaboración propia

Respuesta promedio emocional del grupo	Atención	Interés	Excitación	Estrés	Relajación	Engagement
Masterclass	0,49	0,63	0,53	0,65	0,45	0,67
Serious game	0,52	0,60	0,58	0,58	0,41	0,69
Serious game vs. masterclass	+7,28%	-5,21%	+9,61%	-10,67%	-9,22%	+2,22%

A continuación, se muestran gráficamente los resultados obtenidos mediante un gráfico radial con marcadores, lo que permite una comparación visual de los registros de actividad cerebral de ambas metodologías.

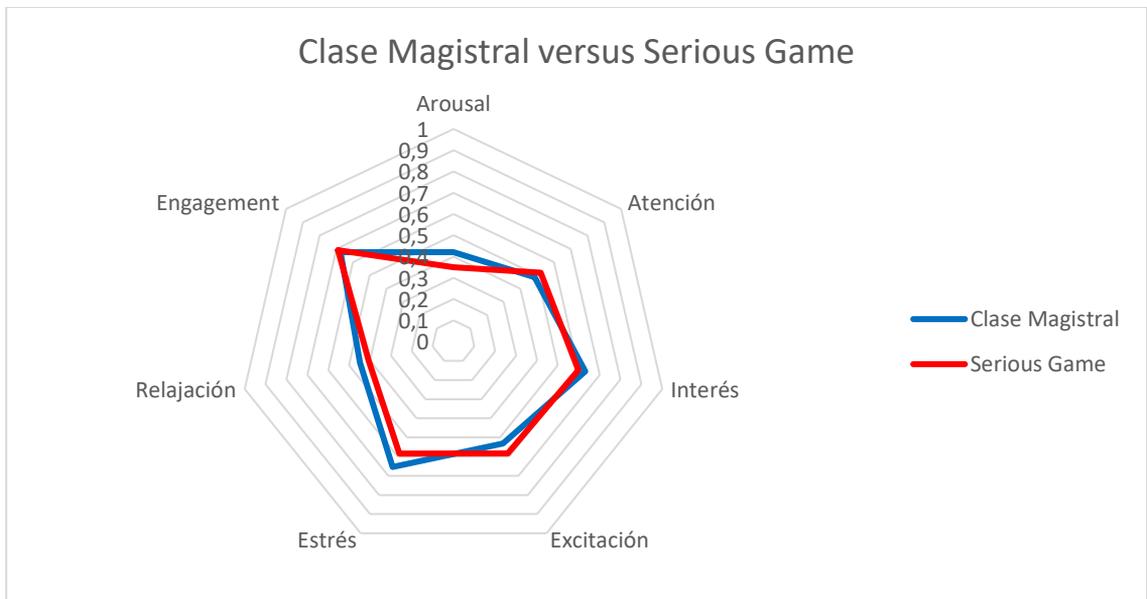


Fig 1. Comparación de métricas de rendimiento de GSR y EEG para lección magistral y serious game.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 1 permite resaltar la variación global de variables de actividad cerebral registradas al utilizar la gamificación en el aula. En términos porcentuales, la intensidad emocional de la actividad de serious game se redujo un 16,7% respecto a la clase magistral. La atención aumentó un 7,3%, el interés se redujo un 5,2%, la excitación (o emoción a largo plazo) aumentó un 9,6%, el estrés se redujo un 10,7%, la relajación se redujo un 9,2% y el engagement tuvo valores similares, con un aumento del 2,2%.

En un análisis individual para cada variable registrada, los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Arousal (intensidad emocional)

El arousal emocional, entendido como la cantidad de activación simpática experimentada durante la experiencia emocional, fue menor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 16,7% en comparación con la clase magistral. Sin embargo, el número de picos de activación emocional (SCR), a nivel porcentual, es superior en la gamificación en un 44,2%, siendo, en términos relativos, respecto al global de la sesión un 14,8% superior.

Atención

La atención, entendida como la concentración en una tarea específica durante la experiencia, fue mayor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 7,3% en comparación con la clase magistral.

Interés

El interés, entendido como el grado de atracción o aversión hacia el estímulo presentado durante la experiencia, fue menor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 5,2% en comparación con la clase magistral.

Excitación

La excitación (o emoción a largo plazo), entendida como excitación fisiológica con un valor positivo, derivada de la activación del sistema nervioso simpático y que refleja entusiasmo durante la experiencia, fue mayor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 9,6% en comparación con la clase magistral.

Estrés

El estrés, entendido como la medida de comodidad ante un desafío (en este caso, la experiencia de juego), fue menor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 10,7% en comparación con la clase magistral.

Relajación

La relajación, entendida como la capacidad de recuperarse de una concentración intensa, fue menor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 9,2% en comparación con la clase magistral.

Engagement

El engagement, entendido como la combinación de atención y concentración, en contraposición al aburrimiento, que es la capacidad de una marca, producto, servicio o estímulo para crear una conexión duradera, fue mayor en la actividad de gamificación mediante serious game, un 2,2%

5. Conclusiones

La mejora continua de los sistemas educativos, junto con una creciente demanda de los estudiantes de alejarse de las clases tradicionales y mejorar la estimulación en el aula, obliga a las instituciones educativas a adaptarse en un contexto de enseñanza en constante evolución. Existe una necesidad constante de diseñar nuevas formas de aprendizaje, pues en la formación basada en lección magistral el profesor desempeña un

papel central en la instrucción, y los estudiantes actúan como receptores de información. Si bien las clases magistrales pueden transmitir eficazmente una gran cantidad de información en un tiempo relativamente corto, proporcionando una experiencia estimulante e inspiradora para los estudiantes, también tienen desventajas. Las clases magistrales representan una forma pasiva de aprendizaje y pueden dificultar mantener la atención de los estudiantes durante un período prolongado. La gamificación en el aula es una estrategia educativa que incorpora elementos y mecánicas de juego para motivar, involucrar y mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Al integrar elementos lúdicos en el entorno educativo, el objetivo es hacer que el proceso de aprendizaje sea más interactivo, ameno y significativo. Es crucial adaptar las estrategias de gamificación a las necesidades específicas de los estudiantes y a los objetivos curriculares, equilibrando la diversión con la eficacia educativa para garantizar que la gamificación mejore la experiencia de aprendizaje. Los ejemplos utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje juegan un papel crucial en el fomento de la comprensión conceptual, y ciertas variables pueden influir en el uso de ejemplos calificados por parte de los instructores (Sevimli, 2022).

El aprendizaje basado en gamificación con serious games puede asumir un papel destacado en la formación especializada empleando prácticas innovadoras, estimulando la motivación, regulando el comportamiento e implementando ideas de competencia amistosa y cooperación creativa en diversos contextos educativos (Astashova et al., 2023). En los últimos años, muchos estudios han enfatizado la necesidad de adaptar las propiedades de diseño de la gamificación para alinearlas con las necesidades, características y preferencias de los estudiantes (Oliveira et al., 2023). Estudios previos sobre la aplicación de la gamificación en ingeniería a nivel universitario confirman una contribución significativa de la estrategia pedagógica y diferentes categorías de motivación, con evidencia clara de la importancia entre colaboración y motivación (Zabala-Vargas et al., 2021). La estrategia puede proporcionar evidencia preliminar de la reducción de las tasas de deserción escolar, lo que sugiere el uso potencial de la gamificación para fortalecer los procesos educativos a nivel universitario. La neurociencia educativa busca traducir los hallazgos de la investigación sobre los mecanismos neuronales del aprendizaje en políticas y prácticas educativas prácticas y comprender los efectos de la educación en el cerebro (Thomas et al., 2019). La neurociencia y la educación pueden interactuar directamente al considerar el cerebro como un órgano biológico que necesita estar en óptimas condiciones para el aprendizaje (salud cerebral). Alternativamente, pueden interactuar indirectamente, ya que la neurociencia da forma a la teoría psicológica y la psicología influye en la educación.

El principal objetivo de este estudio ha sido demostrar que el aprendizaje basado en actividades de gamificación es más efectivo, en términos de señales cerebrales, que la enseñanza presencial tradicional para una clase teórica dirigida a estudiantes de nivel universitario. Los resultados del experimento realizado en este estudio indican que los niveles de intensidad emocional de los estudiantes que siguieron la clase a través de actividades de gamificación son inferiores a los de los que siguieron el formato clase magistral, pero el número de picos de activación emocional (SCR), a nivel porcentual, es superior en la gamificación en un 44,2%, siendo, en términos relativos, respecto al global de la sesión un 14,8% superior. En cuanto al registro de la actividad cerebral de los estudiantes, medida mediante biometría de electroencefalografía portátil (PEEG), los valores son más altos para la gamificación en la atención, la excitación a largo plazo y el engagement, y menores para el interés, el estrés y relajación, lo cual se resume en una mayor bondad de métricas de rendimiento para la actividad de gamificación en el aula empleando serious games. Estas conclusiones permiten afirmar que el planteamiento inicial de una mayor activación de métricas de rendimiento cerebral al aplicar metodologías activas de aprendizaje mediante gamificación en el aula.

Las sensaciones percibidas por los estudiantes sugieren que las clases que emplean actividades de gamificación son más participativas, lo que les permite ser creativos, más motivados y mejor integrados en

el grupo. Los sentimientos y emociones provocados en los estudiantes que asisten a una lección magistral muestran menos atención y menor engagement. El estudio demuestra que la gamificación es eficaz para adquirir y desarrollar competencias específicas y transversales relacionadas con la materia, con foco en las habilidades comunicativas y sociales, el trabajo en equipo y la gestión del tiempo (Agustin, 2023). Las conclusiones indican que una experiencia gamificada es un ejemplo de sensibilización en educación, respetando los ritmos de aprendizaje de los estudiantes, promoviendo la metacognición y fomentando su implicación en la construcción de su propio conocimiento. El estudio cualitativo reveló que actividades intrigantes, basadas en competencias y con un alto interés intrínseco dieron como resultado logros tangibles que motivaron a los estudiantes, dándoles una sensación de juego. Además, se descubrió que las implementaciones que apoyan el aprendizaje eran actividades colaborativas que movilizaban a los estudiantes a una participación activa (Erumit & Yilmaz, 2022). Los estudiantes informaron que disfrutaron de las actividades y lecciones y descubrieron que las implementaciones competitivas que incorporaban juegos sociales en los temas de las lecciones aumentaron su motivación.

Finalmente, de cara a futuras líneas de investigación utilizando neurotecnologías en el aula, resulta interesante analizar cómo diferentes metodologías de enseñanza (dinámicas de grupo, flipped learning, etc.) acercan o alejan los niveles de activación cerebral de los estudiantes, proporcionando una base para proponer acciones. para mejorar y mejorar los resultados del grupo. Además, sería beneficioso complementar las técnicas utilizadas con encuestas cuantitativas enfocadas en registrar percepciones y posibles mejoras para cada metodología propuesta.

Agradecimientos

Esta investigación se enmarca en la línea de actuación "Convocatoria de Proyectos de Innovación y Mejora Educativa" de la Universitat Politècnica de València, dentro de la convocatoria de innovación educativa "Aprender + Docencia (L+T)", en la categoría "Proyecto de Innovación y Mejora Educativa en Equipos Consolidados", dentro del proyecto PIME C – 1919 "Estudio neurotecnológico de metodologías activas y formatos de seguimiento para la mejora del aprendizaje".

Referencias

- Agustin, E. E. (2023). Gamification: methodology for the development of specific and transversal competences in pre-service teachers [Article]. *Educar*, 59(2), 333-349. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1768>
- AlSaad, F. M., et al. (2021). Gamification-as-Innovation: A Review [Review]. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 18(05), Article 2130002. <https://doi.org/10.1142/s0219877021300020>
- Aras, T., et al. (2023). A study on educational software development through gamification in guitar education [Article]. *Turkish Journal of Education*, 12(1), 1-27. <https://doi.org/10.19128/turje.1162940>
- Astashova, N. A., et al. (2023). GAMIFICATION RESOURCES IN EDUCATION: A THEORETICAL APPROACH [Article]. *Obrazovanie I Nauka-Education and Science*, 25(1), 15-49. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2023-1-15-49>
- Bastone, A., et al. (2023). How to shorten the market entry innovation in a highly regulated market. The case of Early access programs in the pharmaceutical industry. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 19(4), 1561-1581. <https://doi.org/10.1007/s11365-023-00893-y>

- Bittencourt, T., et al. (2018). Negotiating the tensions: A critical study of international schools' mission statements. *Globalisation, Societies and Education*, 16(4), 515-525. <https://doi.org/10.1080/14767724.2018.1512047>
- Borst, G. (2023). Neuroeducation _ LaPsyDE (UMR CNRS 8240) [Article]. *Annee Psychologique*, 123(2), 387-392. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.232.0387>
- Bueno, D., et al. (2021). Neuroscience applied to education: How the brain learns and what consequences this has [Article]. *Llengua Societat I Comunicacio*(19), 37-45. <https://doi.org/10.1344/lsc-2021.19.5>
- Campbell, S. R. (2011). Educational Neuroscience: Motivations, methodology, and implications. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 7-16. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00701.x>
- Chan, G. L., et al. (2022). Gamification as technology enabler in SEN and DHH education [Article]. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9031-9064. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10984-y>
- Clark, D. B., et al. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of educational research*, 86(1), 79-122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582>
- Cuevas Monzonis, N., et al. (2021). Student's perception about gamification in higher education [Article]. *Reidocrea-Revista Electronica De Investigacion Y Docencia Creativa*, 10. <https://doi.org/10.30827/Digibug.66757>
- Ekici, M. (2021). A systematic review of the use of gamification in flipped learning [Review]. *Education and Information Technologies*, 26(3), 3327-3346. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10394-y>
- Emotiv. (2023). Performance Metrics. Emotiv. Retrieved Nov-2023 from <https://www.emotiv.com/knowledge-base/performance-metrics/>
- Erumit, S. F., et al. (2022). Gamification Design in Education: What Might Give a Sense of Play and Learning? [Article]. *Technology Knowledge and Learning*, 27(4), 1039-1061. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09604-y>
- Giordano, C. V., et al. (2021). Gamification and student motivation: considerations about techniques effectively applied in professional education [Article]. *Revista Eniac Pesquisa*, 10(1), 26-38. <Go to ISI>://WOS:000723709100003
- Hillman, T. (2011). The inscription, translation and re-inscription of technology for mathematical learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 16(2), 103-124. <https://doi.org/10.1007/s10758-011-9182-1>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. <https://doi.org/oi.org/10.1038/nrn3817>
- Ilbeigi, M., et al. (2023). Gamification in Construction Engineering Education: A Scoping Review [Review]. *Journal of Civil Engineering Education*, 149(2), Article 04022012. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ei.2643-9115.0000077](https://doi.org/10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000077)
- Jelovica, L., et al. (2023). An Overview of the Characteristics of a Modern School [Article]. *Croatian Journal of Education-Hrvatski Casopis Za Odgoj I Obrazovanje*, 25(3), 1001-1031. <https://doi.org/10.15516/cje.v25i3.4902>
- Juárez-Varón, D., et al. (2023). Analysis of stress, attention, interest, and engagement in onsite and online higher education: A neurotechnological study. *Comunicar*, 31(76), 21-34. <https://doi.org/10.3916/c76-2023-02>
- Juárez-Varón, D., et al. (2024). Neurotechnologies Applied to Society's Perception of Cyber-Physical Systems (CPS) in Smart Cities. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 20(1), 1-32. <https://doi.org/10.4018/IJSWIS.335947>

- Juarez-Varon, D., et al. (2023). Footwear consumer behavior: The influence of stimuli on emotions and decision making [Article]. *Journal of Business Research*, 164, Article 114016. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114016>
- Kottmann, A., et al. (2024). Determinants of the Innovation Behaviour of Teachers in Higher Education [Article; Early Access]. *Innovative Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10755-023-09689-y>
- Lampropoulos, G., et al. (2022). Augmented Reality and Gamification in Education: A Systematic Literature Review of Research, Applications, and Empirical Studies [Review]. *Applied Sciences-Basel*, 12(13), Article 6809. <https://doi.org/10.3390/app12136809>
- López-Alegría, F., et al. (2023). Metodologías didácticas activas frente a paradigma tradicional. Una revisión sistemática [Active teaching methodologies versus traditional paradigm: a systematic review] [research-article]. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 26(1), 5-12. <https://doi.org/10.33588/fem.261.1255>
- Magadan-Diaz, M., et al. (2022). Classroom gamification in online higher education: the use of Kahoot [Article]. *Campus Virtuales*, 11(1), 137-152. <https://doi.org/10.54988/cv.2022.1.978>
- Maleko, E. V., et al. (2018). Applying Innovative Teaching Techniques and Methods, When Teaching Cultural Studies in Higher Education Institutions [Article]. *Modern Journal of Language Teaching Methods*, 8(11), 17-29. <Go to ISI>://WOS:000451688200001
- Manzano-Leon, A., et al. (2022). Gamification in Initial Teacher Training to Promote Inclusive Practices: A Qualitative Study [Article]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), Article 8000. <https://doi.org/10.3390/ijerph19138000>
- Moreno-Guerrero, A. J., et al. (2021). Innovating in nutrition education: application of gamification and digital resources in high school students [article]. *RETOS - Neuvas Tendencias en Educacion Fisica, Deporte y Recreacion*, 43, 438-446. <Go to ISI>://CABI:20210508772
- Murillo-Zamorano, L. R., et al. (2021). Gamification and active learning in higher education: is it possible to match digital society, academia and students' interests? [Article]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), Article 15. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00249-y>
- Nesterowicz, K., et al. (2022). Gamification Increases Completion Rates in Massive Open Online Courses [Article]. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 18(1). <https://doi.org/10.4018/ijicte.294447>
- Núñez-Cansado, M., et al. (2024). Analysis of the residual effect using neuromarketing technology in audiovisual content entrepreneurship. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 3(3), 100069. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.stae.2023.100069>
- Oliveira, W., et al. (2023). Tailored gamification in education: A literature review and future agenda [Review]. *Education and Information Technologies*, 28(1), 373-406. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11122-4>
- Pardim, V. I., et al. (2023). Where is the student who was here? Gamification as a strategy to engage students [Article]. *International Journal of Information and Learning Technology*, 40(2), 177-192. <https://doi.org/10.1108/ijilt-05-2022-0122>
- Ramirez-Montoya, et al. (2020). Systematic review of mixed methods in the framework of educational innovation [Review]. *Comunicar*, 28(65), 9-20. <https://doi.org/10.3916/c65-2020-01>
- Rodrigues, L., et al. (2022). Gamification suffers from the novelty effect but benefits from the familiarization effect: Findings from a longitudinal study [Article]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), Article 13. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00314-6>

- Saleem, A. N., et al. (2022). Gamification Applications in E-learning: A Literature Review [Review]. *Technology Knowledge and Learning*, 27(1), 139-159. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09487-x>
- Saxena, M., et al. (2021). Gamification and Gen Z in Higher Education: A Systematic Review of Literature [Review]. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 17(4). <https://doi.org/10.4018/IJICTE.20211001.0a10>
- Sevimli, E. (2022). Evaluation of the Didactic Transposition Process in Teaching Integral: Face-to-Face versus Online Education [Article]. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 29(1), 37-48. https://doi.org/10.1564/tme_v29.1.04
- Soboleva, M. S., et al. (2021). Characteristics of Different Methods of Training in Mastering the Specialty "Pharmacy" [Article]. *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences*, 10(2), 70-76. <https://doi.org/10.51847/2WbGQXV1F2>
- Thomas, M. S. C., et al. (2019). Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects [Review]. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(4), 477-492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>
- Tsurkan, L., et al. (2023). Gamification in developing readiness for self- fulfillment in students of Higher Educational Institutions [Article]. *Apuntes Universitarios*, 13(3), 80-91. <https://doi.org/10.17162/au.v13i3.1525>
- Viktoriia, P., et al. (2022). Gamification of education: innovative forms of teaching and education in culture and art [Article]. *Eduweb-Revista De Tecnologia De Informacion Y Comunicacion En Educacion*, 16(2), 119-133. <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2022.16.02.8>
- Watts, P., et al. (2023). Ethical Dilemmas in Educational Research: Considering Challenges and Risks in Practice [Book Review; Early Access]. *British Journal of Educational Studies*. <https://doi.org/10.1080/00071005.2023.2281148>
- Zabala-Vargas, S., et al. (2021). Strengthening Motivation in the Mathematical Engineering Teaching Processes - A Proposal from Gamification and Game-Based Learning [Article]. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(6), 4-19. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.16163>