UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Científica

http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index

Artículo de revisión

Aprendizaje basado en juegos de realidad alternativa en cursos universitarios de matemáticas

Alternate Reality Game-Based Learning in University Mathematics Courses

Aprendizagem baseada em jogos de realidade alternativa em cursos universitários de matemática

Diego Darío López-Mera[1]
Carlos Arturo Muñoz-Vargas[2]
Sandra Viviana Osorno-Taborda[3]

Recibido: 15 de julio de 2024 **Aceptado:** 11 de agosto de 2025

Para citar este artículo: López-Mera, D. D., Muñoz-Vargas, C. A. y Osorno-Taborda, S. V. (2025). Aprendizaje basado en juegos de realidad alternativa en cursos universitarios de matemáticas. *Revista Científica*, *52*(1), 25-50. https://doi.org/10.14483/23448350.22486

Resumen

Esta investigación tuvo como propósito diseñar e implementar una estrategia didáctica para los cursos de matemáticas de primer semestre en una institución universitaria colombiana, utilizando un juego de realidad alternativa como apoyo al proceso de enseñanza. Partiendo de un enfoque social de la educación matemática, que integra la matemática crítica y las etnomatemáticas, la propuesta buscó vincular el aprendizaje con problemáticas sociales y contextos culturales, dotándolo de mayor relevancia y significado. El juego se centra en los conceptos de *funciones lineales* y *cuadráticas*, combinando una historia y una narrativa con actividades interactivas desarrolladas en entornos tanto físicos como virtuales. Este estudio interdisciplinario, que utilizó métodos cuantitativos y cualitativos, contó con la participación de cuatro grupos: dos grupos de control con enseñanza tradicional y dos grupos experimentales que trabajaron con el juego. Se documentaron los encuentros y se evaluaron los aprendizajes con herramientas de pensamiento cuantitativo. El análisis de los resultados resaltó que el juego fortaleció las habilidades de los estudiantes en torno a la descripción de problemas y la modelación matemática, aunque su impacto fue menos notorio en relación con el uso de gráficas cartesianas. Se destaca que combinar la enseñanza con tecnología accesible y juegos con retos o problemas matemáticos relacionados con la vida real enriquece la comprensión de las matemáticas.

Palabras clave: curso universitario, educación superior, juego educativo, matemáticas, método de enseñanza, realidad alternativa

1. Institución Universitaria Antonio José Camacho (Cali, Colombia). dlopez@profesores.uniajc.edu.co
2. Institución Universitaria Antonio José Camacho (Cali, Colombia). cmunoz@profesores.uniajc.edu.co
3. Institución Universitaria Antonio José Camacho (Cali, Colombia). sosorno@profesores.uniajc.edu.co

Abstract

This research sought to design and implement a didactic strategy for first-semester mathematics courses at a Colombian university institution, using an alternate reality game as support for the teaching process. Based on a social approach to mathematics education, which integrates critical mathematics and ethnomathematics, the proposal aimed to connect learning with social issues and cultural contexts, providing it with greater relevance and meaning. The game focuses on the concepts of *linear* and *quadratic* functions, combining a story and narrative with interactive activities carried out in both physical and virtual environments. This interdisciplinary study, which used quantitative and qualitative methods, involved four groups: two control groups with traditional teaching and two experimental groups who worked with the game. The sessions were documented, and learning was evaluated using quantitative reasoning tools. An analysis of the results highlighted that the game strengthened students' skills in problem description and mathematical modeling, although its impact was less evident regarding the use of Cartesian graphs. It is emphasized that combining teaching with accessible technology and games involving mathematical challenges or problems related to real life enriches the understanding of mathematics.

Keywords: university course, higher education, educational game, mathematics, teaching method, alternate reality

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo conceber e implementar uma estratégia didática para os cursos de matemática do primeiro semestre em uma instituição universitária colombiana, utilizando um jogo de realidade alternativa como apoio ao processo de ensino. A partir de uma abordagem social da educação matemática, que integra a matemática crítica e a etnomatemática, a proposta buscou vincular a aprendizagem a problemáticas sociais e contextos culturais, conferindo-lhe maior relevância e significado. O jogo centra-se nos conceitos de *funções lineares* e *quadráticas*, combinando uma história e uma narrativa com atividades interativas desenvolvidas em ambientes tanto físicos quanto virtuais. Este estudo interdisciplinar, que utilizou métodos quantitativos e qualitativos, contou com a participação de quatro grupos: dois grupos de controle com ensino tradicional e dois grupos experimentais que trabalharam com o jogo. Os encontros foram documentados e as aprendizagens foram avaliadas com ferramentas de raciocínio quantitativo. A análise dos resultados destacou que o jogo fortaleceu as habilidades dos estudantes na descrição de problemas e na modelagem matemática, embora seu impacto tenha sido menos evidente em relação ao uso de gráficos cartesianos. Ressalta-se que combinar o ensino com tecnologia acessível e jogos com desafios ou problemas matemáticos relacionados à vida real enriquece a compreensão da matemática.

Palavras-chaves: curso universitário, ensino superior, jogo educativo, matemáticas, método de ensino, realidade alternativa

INTRODUCCIÓN

Las matemáticas desempeñan un papel esencial en la comprensión de diversos fenómenos y situaciones, y son fundamentales para describirlos, predecirlos y controlarlos (Ponte, 1992). Sin embargo, en Colombia (ICFES, 2023) y otros países de América Latina, pruebas nacionales e internacionales revelan niveles preocupantes de competencias matemáticas. Los resultados de las Pruebas PISA 2022 revelaron un desempeño insatisfactorio de los estudiantes colombianos de secundaria en las áreas de matemáticas, lenguaje y ciencias, con puntajes incluso inferiores a los obtenidos en la aplicación anterior, realizada en 2018 (OCDE, 2023). Esta situación también se ha identificado en otros países de la región (UNESCO, 2021).

Los estudiantes que ingresan a la educación superior enfrentan desafíos similares en su formación matemática, pero a un nivel más exigente. En respuesta, las universidades han buscado transformar sus enfoques didácticos, aprovechando la aceptación de la tecnología por parte de sus estudiantes. De lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación:

> *¿Cómo diseñar e implementar una estrategia didáctica innovadora que integre la educación matemática, la tecnología y el juego de manera responsable?*

En consecuencia, en el 2018, la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UniCamacho), ubicada en Cali, Colombia, inició una investigación interdisciplinaria para desarrollar una estrategia didáctica enfocada en la enseñanza de conceptos matemáticos fundamentales. Esta estrategia se basó en la creación de un juego de realidad alternativa (*alternate reality game*, o ARG), que incorporó un relato y 14 desafíos sociales diseñados para fortalecer la comprensión de conceptos relacionados con las funciones lineales y cuadráticas.

Un ARG es una experiencia lúdica que combina elementos narrativos con actividades interactivas en entornos tanto reales como virtuales. Lo que caracteriza a un ARG es su capacidad para fusionar historias con desafíos participativos desplegados en el mundo real o en plataformas digitales. Aunque es posible disfrutar de estos juegos de manera individual, destaca la tendencia de colaboración entre participantes para superar los desafíos planteados, lo que convierte al ARG en un acto social y cooperativo. Así, el ARG va más allá de su función recreativa y se constituye en un recurso valioso en diversos contextos, en particular los educativos.

En educación, el ARG promueve tanto la autonomía del estudiante como la colaboración al involucrar a los estudiantes en la resolución activa de problemas dentro de la narrativa del juego (Hu *et al*., 2016; Wen, 2024). Además, puede adaptarse a distintos niveles de formación y objetivos de aprendizaje, lo que incluye su implementación en programas de capacitación corporativa (Palmer & Petroski, 2016).

El uso del ARG también se alinea con la matemática crítica, desarrollando habilidades transversales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el aprendizaje colaborativo (Indayati *et al*., 2024). Sin embargo, su implementación exitosa requiere de un diseño cuidadoso y una integración adecuada en el currículo, considerando objetivos de aprendizaje y estándares educativos (Economides, 2017).

Además, distintos estudios han investigado su uso en la educación universitaria. Dondlinger y McLeod (2015) evidenciaron el valor del ARG al integrarlo con estrategias como el aprendizaje basado en problemas, con el fin de analizar el desempeño académico y administrativo de una universidad. Esta combinación resultó efectiva para fortalecer la motivación, el compromiso estudiantil y el desarrollo de habilidades aplicables en contextos reales. Elsom *et al*. (2021) abordaron la problemática de la alienación y el aislamiento en estudiantes de primer año, destacando cómo el ARG puede facilitar su integración social y promover la formación de vínculos duraderos. Holand *et al*. (2022), por su parte, evidenciaron el potencial del ARG en la capacitación de equipos de rescate y enfatizaron su utilidad como entorno seguro para practicar sin riesgos. Lupano *et al*. (2021) resaltaron que el ARG puede motivar a los estudiantes y reforzar su aprendizaje, sirviendo como complemento práctico en cursos universitarios de ingeniería.

En conjunto, estos estudios resaltan la versatilidad de los ARG en la educación superior, pues permiten abordar el aislamiento en estudiantes e incluso fomentar la participación y el aprendizaje en asignaturas disciplinares o del núcleo profesional. Sin embargo, su efectividad depende de un diseño y una implementación adecuados. En este orden de ideas, esta investigación presenta una estrategia didáctica basada en un ARG que fue probada en los cursos de matemáticas básicas de la UniCamacho. Para la captura de datos e información, los cursos se dividieron en dos: 1) *grupos experimentales*, en los que los profesores implementaron el ARG; y 2) *grupos de control*, en los que no se utilizó tal estrategia. Al final, en los análisis del proceso investigativo, ambos tipos de grupos fueron contrastados.

Los juegos de realidad alternativa y la educación matemática

Los juegos de realidad alternativa surgieron en el ámbito del entretenimiento, principalmente como estrategia de promoción para películas. Un ARG es una experiencia inmersiva multijugador de gran escala que se desarrolla en el mundo real, extendiéndose durante días, semanas o incluso meses. Incluye una trama fragmentada a través de diversos medios, a través de la cual los participantes avanzan al enfrentar desafíos de manera colaborativa (Stewart, 2006; McGonigal, 2008). Según la International Game Developers Association, estos juegos aprovechan la rutina diaria de los jugadores, entrelazándola con narrativas que amalgaman significado, profundidad e interacción suplementaria en el mundo tangible (IGDA, 2006). En otras palabras, la realidad se convierte en un escenario diegético en el espacio-tiempo, previamente acordado como parte de un pacto ficticio con los jugadores (Ruíz, 2022). En este tipo de experiencia, los participantes desafían su ingenio y cooperan estrechamente para resolver acertijos y superar desafíos planteados en conjunto (Szulborski, 2005).

En la actualidad, y con un crecimiento constante, se está avanzando en el diseño de ARG que trascienden su enfoque exclusivamente lúdico para adentrarse cada vez más en el terreno educativo. Según Palmer y Petroski (2016), la naturaleza social y activa de estos juegos, enmarcada en la solución de problemas, respalda las bases teóricas del aprendizaje constructivista. En esta línea, Johnson (2018) subraya el potencial de estos juegos como entornos inmersivos de aprendizaje, donde se estimulan la cooperación y la automotivación para analizar, interpretar y resolver problemáticas. En los ARG, el aprendizaje activo se materializa cuando los estudiantes decodifican indicios, afrontan desafíos y participan en otras actividades educativas centradas en la resolución de problemas —en este contexto, problemas de carácter social. Además, los estudiantes construyen conocimiento de forma más profunda al interactuar y colaborar con sus pares, en lo que se podría denominar *aprendizaje colaborativo*.

En esa misma línea, la educación matemática, o la didáctica de las matemáticas, es objeto de diversas investigaciones que abordan la relevancia del juego, particularmente en el ámbito de la educación temprana y la enseñanza primaria. No obstante, esta estrategia didáctica tiende a desvanecerse en los niveles secundarios —y aún más en la educación superior. Investigadores como González *et al*. (2014)

plantean la noción de que las matemáticas siempre deberían mantener su cualidad lúdica, y Tay *et al.* (2014) destacan la importancia del aprendizaje basado en juegos en la formación de adultos.

Algunos ejemplos de ARG aplicados en la educación secundaria y superior incluyen experiencias diseñadas para el aprendizaje de idiomas (Connolly *et al.*, 2011; Assunção *et al.*, 2023; Linhati & dos Reis, 2023), las ciencias naturales (Deus & Soares, 2020; Indayati *et al.*, 2024), la lectoescritura (Moula & Malafantis, 2019), la orientación y admisión estudiantil (Piatt, 2009; Elsom *et al.*, 2021; Xiong *et al.*, 2024), la informática (Jerrett *et al.*, 2017; Lupano *et al.*, 2021), la ciudadanía responsable (Salazar, 2023; Lin *et al.*, 2024), el adiestramiento en respuesta a situaciones de emergencia (Fischer *et al.*, 2012; Urano *et al.*, 2012; Holand *et al.*, 2022) y el ámbito de la salud (Johnston *et al.*, 2012; Bouris *et al.*, 2015; Santuari *et al.*, 2024).

Por ejemplo, en nuestro ARG, llamado *El plan de Gauss*, la función matemática fue el tema central. Más allá de la definición rigurosa del concepto, en la educación matemática cobran principal importancia las estrategias didácticas utilizadas para su comprensión. Por ello, los sistemas de representación han sido el tema de estudio de varios autores.

En particular, Rico (2009) explicó que la representación interna se manifiesta como una imagen visual que luego se comunica con argumentos verbales a través de un concepto. Esto sugiere que la idea o la noción de *función matemática* en los estudiantes depende de la información percibida a través de los sentidos. Es ahí donde cobra sentido el juego, *i.e.*, el ARG, como mediador en la construcción de un concepto.

En este mismo sentido, Rico (2009) definió las representaciones de las funciones como simbólicas y gráficas cartesianas. Las primeras obedecen a reglas de procedimientos a través de caracteres alfanuméricos, y las gráficas cartesianas hacen alusión a figuras analógicas, cuya lógica se fundamenta en reglas de composición e interpretación.

Otros autores (Johnson, 1990; Greca & Moreira, 2016) han sugerido sistemas diferentes, en particular el modelo mental matemático, el cual, en términos generales, se define como una representación de tipo analógico fundada en imágenes y representaciones proposicionales.

Las representaciones están directamente relacionadas con los conceptos y redes conceptuales (Dreyfus, 2002), pues una red conceptual más potente posibilita mejores representaciones mentales, ampliando la comprensión del concepto, *i.e.*, cuando la representación interna se traduce en externa, el individuo puede comunicar sus argumentos por medio de símbolos y figuras (Hiebert & Carpenter, 1992). Por otro lado, Godino y Batanero (1994) defienden la idea de que la representación externa es una configuración de signos, caracteres u objetos, mientras que las representaciones internas se configuran como constructos de simbolización individual.

Esta investigación considera tres tipos de representaciones: 1) la descripción literal del problema o fenómeno, 2) el modelado matemático de la forma $f(x) = y$ y 3) la gráfica cartesiana.

La educación matemática está influenciada por enfoques teóricos y metodológicos que buscan tanto explicar como transformar la enseñanza. Algunos de estos enfoques son el cognitivo, que explora el pensamiento matemático avanzado y la teoría de campos conceptuales; el constructivismo radical y social; el enfoque sistémico, que incluye la didáctica fundamental de Brousseau (1986) y la sistémica de Chevallard (1997); el enfoque antropológico (Chevallard *et al.*, 1997); el enfoque semiótico; y el enfoque crítico, fortalecido por las epistemologías críticas de la educación.

En esta investigación se asume una concepción social de la educación matemática que integra la matemática crítica y las etnomatemáticas para vincular el aprendizaje con problemáticas sociales y contextos culturales, dotando a este último de mayor relevancia y significado. Al respecto, autores como

Skovsmose (1999) proponen la filosofía de la educación matemática crítica, orientada a proporcionar fundamentos para comprender y analizar las prácticas educativas vinculadas con las matemáticas. Su propósito es generar un lenguaje que promueva nuevas interpretaciones de la educación matemática y el desarrollo de una ciudadanía crítica, visibilizando estas relaciones en la enseñanza.

En coherencia con una concepción de la educación matemática desde las ciencias sociales, las etnomatemáticas adquieren un papel relevante en esta investigación. Su principal aporte radica en considerar la génesis natural de las matemáticas y la necesidad de abordarlas desde diversas perspectivas más allá de la científica, como la social y la cultural. Esto implica tener en cuenta aspectos antropológicos, históricos, políticos y culturales. El prefijo *etno-* alude a la identidad de los grupos sociales, comprendiendo sus lenguajes, valores, creencias y hábitos, que están vinculados a prácticas matemáticas como contar, clasificar, ordenar y deducir.

Según D'Ambrosio (1985), las etnomatemáticas comprenden tres dimensiones: la conceptual, que explora las técnicas y conocimientos matemáticos de los grupos culturales; la histórica, que revisa los aportes y el papel de las matemáticas en las experiencias de vida de las comunidades; y la cognitiva, que abarca habilidades como contar, comparar y medir, además de la capacidad de comunicar interpretaciones y resultados a las comunidades a fin de favorecer el avance del conocimiento. Las etnomatemáticas enriquecen la educación matemática al considerar una variedad de perspectivas y dimensiones, reconociendo la influencia cultural y social en el aprendizaje de las matemáticas.

Skovsmose (1999) acuñó el concepto del *potencial formativo de las matemáticas*, señalando que estas últimas tienen la capacidad de permitir nuevas interpretaciones y crear nuevas realidades, reestructurándolas y ejerciendo su influencia en ellas. En este sentido, se puede argumentar que las matemáticas, aunque enmascaradas por la tecnología, desempeñan un papel fundamental en la configuración de la sociedad. Reconociendo la contribución de otras disciplinas, es innegable que las matemáticas ocupan una posición central e impactan significativamente en los aspectos sociales, políticos y económicos del mundo contemporáneo.

En este contexto, las tecnologías, respaldadas por las bases científicas de las matemáticas, tienen la capacidad de originar estructuras sociales cada vez más novedosas. Esto se debe a que las abstracciones mentales inherentes a las matemáticas se convierten en elementos tangibles. Un ejemplo de este fenómeno son las complejas interacciones sociales que resultan de las ya no tan nuevas tecnologías de la información y la comunicación. En línea con la Paradoja de Vico, resulta curioso que, en sociedades altamente desarrolladas, las personas a menudo no logran comprender ni explicar los impactos generados por sus propias creaciones tecnológicas (Skovsmose, 1999).

METODOLOGÍA

Desde un enfoque etnográfico, es crucial resaltar que la UniCamacho es una institución universitaria de carácter público vinculada a la Alcaldía de Santiago de Cali. Su función educativa se enfoca primordialmente en la atención a estudiantes pertenecientes a los niveles socioeconómicos 1, 2 y 3 de la ciudad, así como a comunidades en situación de vulnerabilidad, incluyendo aquellas en el norte del departamento del Cauca. En este contexto particular, nuestro estudio se orientó hacia los estudiantes de primer semestre de los programas académicos tecnológicos ofrecidos por la Institución.

En cuanto a la metodología, esta investigación fue interdisciplinaria y de carácter cuantitativo y cualitativo, teniendo en cuenta que se realizaron registros observacionales de los encuentros de aplicación del ARG.

Asimismo, se hizo uso de las herramientas evaluativas del pensamiento cuantitativo para determinar los aprendizajes de los estudiantes respecto a las funciones matemáticas que hicieron parte del juego. Es de resaltar el aporte de las pruebas estadísticas (Kruskal-Wallis y Wilcoxon) en el análisis de datos y en los mismos resultados de la investigación.

Esta investigación comprendió las siguientes fases:

Fase 1. Configuración del juego

El ARG *El plan de Gauss* presenta la historia de tres estudiantes universitarios. La elección de estos personajes —estudiantes virtuales— no fue fortuita; se hizo, en primera instancia, para que los jugadores —estudiantes reales— se identificaran con ellos. Además, el perfil de los personajes y los contextos de la historia se adaptaron a la carrera universitaria que estudiaran los jugadores.

Fase 2. Preparación

Se seleccionaron cuatro grupos de clase de la asignatura *Matemáticas 1* (*i.e.*, matemáticas básicas), conformados por estudiantes de primer semestre. Dos de estos grupos, C1 y C2, eran de control y utilizaron la didáctica tradicional, *i.e.*, no se implementó el juego. Por supuesto, en estos dos grupos se realizaron pruebas diagnósticas y seguimientos durante las clases. Los otros dos grupos restantes, E1 y E2, fueron los experimentales, en los cuales sí se utilizó la estrategia didáctica basada en el ARG. En esta fase se socializó la estrategia didáctica a implementar con los profesores correspondientes.

Fase 3. Prueba diagnóstica inicial

La prueba diagnóstica tenía diez preguntas con cuatro opciones cada una, donde solo una era correcta. Cada pregunta acertada tenía un valor de 1, para un puntaje total de 0 a 10.

Las preguntas se clasificaron en categorías según los principales sistemas de representación de funciones en la educación matemática del nivel superior: la descripción literal del problema o fenómeno, la modelación matemática de la forma $f(x) = y$ y la gráfica cartesiana. Así, por ejemplo, las preguntas giraban en torno a la identificación de información relevante a partir del análisis del diagrama cartesiano o de la función matemática, e incluían ejercicios que planteaban problemas contextualizados de la vida real, con el fin de proponer soluciones desde las matemáticas.

Esta prueba se aplicó a los 92 de los 103 estudiantes matriculados al inicio de *Matemáticas 1* y se replicó con 75 de los 90 que finalizaron el curso. Cabe aclarar que los análisis de resultados solo consideraron a los estudiantes que presentaron ambas pruebas. En total, 61 estudiantes pertenecientes a cuatro grupos o programas de estudio presentaron ambas pruebas. Su distribución se puede observar en la Tabla 1.

Fase 4. Ejecución

Esta fase consistió en la puesta en marcha de *El plan de Gauss* en los grupos experimentales, mientras que los grupos control continuaban con la didáctica tradicional. Es relevante indicar que, a lo largo de esta fase y en los cuatro grupos, un investigador estuvo presente durante las clases, registrando en una bitácora las actividades realizadas.

Fase 5. Prueba diagnóstica final

Como ya se indicó, antes de que los estudiantes participaran en el juego, se les realizó una prueba diagnóstica de matemáticas. Esta misma prueba se utilizó para evaluarlos una vez finalizado el proceso con el ARG. También se aplicó una encuesta cualitativa al final del curso, con el propósito de registrar las impresiones y percepciones de los estudiantes sobre la estrategia basada en el juego.

La Tabla 1 muestra la distribución de estudiantes en los grupos control y experimental para las pruebas diagnósticas inicial y final. Los análisis se fundamentaron sobre los estudiantes que presentaron ambas pruebas.

Tabla 1. *Distribución de los participantes de las pruebas inicial y final*

		Cantidad de estudiantes		
Grupo		Prueba inicial	Prueba final	Ambas pruebas
Control	C1	19	18	14
	C2	21	13	9
Experimental	E1	30	25	22
	E2	22	19	16
	Total	**92**	**75**	**61**

Fase 6. Análisis de resultados

En esta etapa se sistematizaron los diferentes registros de información y se desarrollaron los análisis respectivos.

RESULTADOS

El plan de Gauss

El plan de Gauss fue un juego de realidad alternativa diseñado para los cursos de matemáticas básicas en los primeros semestres de los programas académicos tecnológicos. El juego presenta la historia de tres estudiantes universitarios que tienen problemas en su vida cotidiana, los cuales se pueden afrontar a través de las matemáticas. Los jugadores (*i.e.*, los estudiantes reales) se sumergen en la historia a través de publicaciones de *blog* donde los personajes cuentan su día a día. Este es uno de los mecanismos que utiliza *El plan de Gauss* para que los jugadores se acerquen a y se identifiquen con los personajes y sus problemáticas, además de sentir más real el juego.

La Figura 1 muestra capturas de pantalla de tres *blogs* de los personajes. Las entradas se publican en diferentes días a medida que avanza el curso de *Matemáticas 1*. De este modo, el relato está disperso y fragmentado, y el jugador o lector es el encargado de unir las piezas y de darse cuenta de lo que pasa en la vida de los personajes, *i.e.*, de conocer la historia.

Figura 1. *Capturas de pantalla de los blogs de los personajes de El plan de Gauss*

También se realizaron cortos animados en video y novelas visuales para el juego. Estas últimas corresponden a relatos en videos interactivos, donde el jugador puede decidir qué acción realizan los personajes. La Figura 2 muestra una captura de pantalla de dos momentos de una de las novelas. En este caso, uno de los personajes medita sobre lo que le pasa en su vida mientras espera el autobús en un paradero (imagen superior). Luego, tiene una reunión en una oficina (imagen inferior), y al jugador se le presentan tres acciones que el personaje puede realizar.

Figura 2. *Captura de pantalla de dos momentos en una de las novelas visuales de El plan de Gauss*

Además, se crearon otros artefactos que se encuentran tanto en el mundo ficcional como en el mundo real del jugador. La Figura 3 muestra uno de estos: una gaceta que acostumbra a leer uno de los personajes, la cual también existe como documento PDF que puede ser descargado y leído por el jugador.

Figura 3. *Primera página de una las ediciones de la gaceta Apuntes económicos de El plan de Gauss*

APUNTES ECONÓMICOS

GACETA DE INFORMACIÓN DE LAS FINANZAS REGIONALES

NOTICIAS NEGOCIOS EMPRENDEDORES POLÍTICA PASATIEMPOS

RETO DE LA SEMANA

SALUD Y ECONOMÍA

"El caso de Dioselina Díaz necesita urgentemente la ayuda de personas que quieran luchar contra la corrupción en el sector salud" Señala María Loreto. VER MAS

CONTEXTO

La señora Dioselina Díaz es madre de dos hijos a quienes ha criado con muchas penas y esfuerzos. Actualmente sufre de esclerosis múltiple, enfermedad que le ha impedido tener una vida normal. Es una más de las víctimas del sistema de salud.

POR DIEGO TEJADA

LA ENTIDAD ENCARGADA DE LA SALUD ACEPTA COMPRA DE UN NUEVO SUPER MEDICAMENTO .

POR TOBÍAS MEZA

Muchos de los laboratorios farmacéuticos en el país emprenderán un nuevo negocio con un medicamento que trata la esclerosis múltiple. Sin embargo algunos senadores se han opuesto a esta iniciativa pues la fiscalía tiene pruebas de que los componentes de este medicamento alteran el sistema endocrino de los pacientes. A pesar de esto el Magisterio aprobó su compra y consumo.

Política, Negocios, Noticias

ESTUDIANTES DE LA CIUDAD PARTICIPAN EN CONVOCATORIA PROPUESTA POR GAUSS

POR JESSICA RAMOS

Política, Social, Noticias

ALGUNOS POLÍTICOS NIEGAN QUE EL PAÍS SUFRE UNA GRAVE CRISIS EN EL SISTEMA DE SALUD.

POR PEDRO TUMBAJOY

Roberto Sanquintal critíca a los políticos que niegan las deficiencias en el sistema de salud. Dice que algunos niegan la crisis por oscuros intereses personales.

Política, Social, Noticias

MARÍA LORETO INSISTE EN PRESENTAR ANTE EL CONGRESO UNA REFORMA A LA SALUD.

POR SOFÍA ROMERO

Muchos pacientes mueren por la negligencia de las entidades que se encargan de administrar los medicamentos. La política María Loreto lucha por un nuevo proyecto de ley.

Política, Social, Noticias

Cada uno de los contenidos anteriormente mencionados se utilizó no solo para contar la historia, sino para contextualizar, describir los retos matemáticos y resaltar el aporte de las matemáticas a las problemáticas sociales.

El juego hizo uso de modelos matemáticos lineales y cuadráticos, en la misma línea que los contenidos temáticos de las matemáticas básicas, para brindar soluciones a las problemáticas sociales a las que se enfrentan los tres personajes del juego —y, de hecho, los mismos estudiantes de los cursos.

El plan de Gauss se diseñó de tal manera que tuviera en cuenta y aportara al aprendizaje significativo, autónomo y colaborativo. El porqué de lo anterior se debe, en primera instancia, a que estos aprendizajes forman parte del modelo pedagógico institucional de la UniCamacho (2013); y, en segundo lugar, a que los ARG pueden aportar a estos aprendizajes en procesos formativos. A continuación, se explican dichos aprendizajes, así como su incorporación en un ARG:

1. El *aprendizaje autónomo* es la capacidad de autodirigirse y aprender por sí mismo sin depender permanentemente del docente (Mera, 2010). En un ARG, para superar un reto, el jugador debe investigar y elaborar su propia solución.
2. El *aprendizaje colaborativo o cooperativo*, según Arias *et al*. (2005), es el que busca la interdependencia positiva, el trabajo en equipo, una interacción promotora cara a cara que fomente el aprendizaje y el éxito de cada uno de los participantes, la responsabilidad individual, el compromiso, el empleo adecuado de actitudes y habilidades interpersonales y de grupos pequeños, y la búsqueda, organización y procesamiento de información en grupo. Aunque en el ARG diseñado se podían jugar varios retos de manera individual, en algunos sí era importante la colaboración. Por ejemplo, en uno de los retos, los estudiantes debían formar equipos y jugar por turnos. En cada turno, un estudiante diferente representaba al equipo. Él o ella lograba superarlo solo si, antes del turno, planeaba una estrategia junto con sus compañeros de equipo.
3. El *aprendizaje significativo* es progresivo y se construye a partir del marco conceptual de la persona que aprende, el cual relaciona los conocimientos previos con ideas sustanciales y no arbitrarias (Ausubel, 2000; Moreira, 2012). En el caso del juego, los retos no se diseñaron teniendo en cuenta únicamente los conceptos matemáticos previos o los tratados en el curso; también se contextualizaron de acuerdo con la cotidianidad de los estudiantes, y se incluyeron situaciones conocidas de problemáticas sociales. Por ejemplo, uno de los retos se basó en un caso real y penoso de detrimento patrimonial estatal que perjudicó a campesinos colombianos.

En total, se diseñaron 14 problemas o retos en el juego, los cuales debían ser resueltos en el transcurso de ocho semanas, algunos en la misma aula de *Matemáticas 1*, y otros como tareas en el tiempo independiente de los estudiantes. Todo esto, con asistencia de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

La Tabla 2 describe uno de los retos del ARG, donde la resolución de problemas utiliza varios sistemas de representación de funciones. Además, se incluye un dilema ético común en la vida cotidiana.

Tabla 2. *Descripción del reto Ganar perdiendo de El plan de Gauss*

Título del reto	Ganar perdiendo
Concepto	Función lineal
Propósito	Aplicar el modelo matemático de función lineal en entornos cotidianos
Medio por el cual se presenta el reto	*Blog* personal de Juan (personaje del ARG)

Relato (contexto)	Juan es un joven estudiante universitario que trabaja para pagar sus estudios en la cadena de comidas rápidas Boliburgues. Sin embargo, Juan pasa por una mala racha. En principio, de él dependen económicamente su hermana menor y su mamá. Aparte de esto, la mamá de Juan tiene una enfermedad que la incapacita para trabajar, y a Juan muchas veces se le dificulta completar el dinero para los medicamentos.
Descripción del reto en el *blog*	Pese a mis esfuerzos, es muy complicado para mí lograr las metas propuestas e incrementar mis ingresos al nivel que necesito para lograr cubrir mis gastos de manera adecuada y completa. Esta situación alarmante en mi vida no escapa a los ojos de mi jefe, Fabián, quien me plantea una propuesta: Para producir los alimentos que se comercializan en Boliburgues, se requiere un insumo específico que puede ser adquirido de diferentes proveedores. Por interés en conservar la calidad, se ha trabajado con el mismo proveedor desde hace mucho tiempo, aunque el costo del insumo es alto en comparación con el precio ofrecido por otros proveedores: COP $18 000 por kilogramo. Don Fabián, mi jefe, cree que podríamos ganar algún dinero si hacemos que alguna proporción del insumo específico provenga de otro proveedor. La idea es hacerle creer a la empresa Boliburgues que el costo sigue igual. Así, la diferencia sería la ganancia del fraude, que se repartiría en un 70 % para mi jefe y el resto para mí, pero, además, debemos pagarle a otra persona que ayuda a alterar la documentación (facturas, cuentas de cobro o similares). Se paga un valor fijo de COP $100 000, del cual me corresponde la mitad. El costo del insumo más parecido al del proveedor original es un 40 % menos. Necesito: • Determinar cómo es la función lineal que representa el dinero que podría recibir si acepto la propuesta de mi jefe, considerando que el 30 % del valor producto del fraude por cada insumo no original es la *pendiente* de la ecuación, el 50 % del valor que debemos pagarle a la otra persona para alterar la documentación es el valor de *b* (negativo) de la ecuación, y el número de insumos de otro proveedor es la *variable x*. • Tabular la información sobre mis nuevos ingresos si acepto la propuesta de mi jefe, dependiendo de la cantidad de insumos no originales introducidos a la empresa, y representarla en un plano cartesiano.

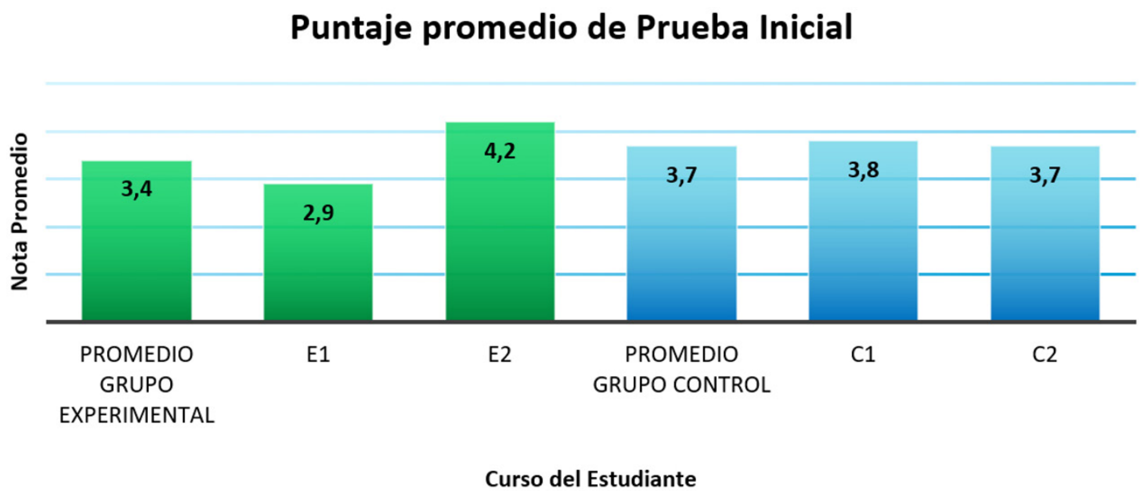
Antes de utilizar *El plan de Gauss* en los cursos, se realizaron pruebas diagnósticas. Con los resultados de cada estudiante, se construyó la base de datos y se crearon las variables que calificaban las preguntas de acuerdo con la clasificación.

Pruebas en grupos experimentales y de control

En los grupos experimentales y de control, se realizaron pruebas diagnósticas que consistían en diez preguntas de opción múltiple con única respuesta, *i.e.*, se evaluó a los estudiantes sobre sus conocimientos en matemáticas básicas. Esto se hizo en dos momentos durante el curso: antes de que se probara la estrategia basada en el juego con los grupos experimentales y después de finalizado el juego. En ambos momentos, las preguntas de las pruebas, que contenían ejercicios matemáticos, fueron las mismas, clasificadas en las siguientes categorías (sistemas de representación de funciones): descripción literal del problema o fenómeno, modelación matemática de la forma $f(x) = y$ y gráfica cartesiana.

En la Figura 4 se presentan los resultados de la prueba diagnóstica inicial con base en el promedio obtenido por cada grupo.

Figura 4. *Nota promedio en la prueba inicial por grupo*



Esta Figura muestra que los promedios de los grupos no son muy diferentes. Es preciso aclarar que el promedio debe interpretarse considerando la variabilidad de los datos. Por tal razón, se presenta un análisis que tiene en cuenta las variaciones en las notas logradas por los estudiantes, soportado por pruebas estadísticas no paramétricas. El uso de este tipo de pruebas se basa en el hecho de que el tamaño de muestra no es lo suficientemente grande para la aplicación de pruebas paramétricas.

Por otro lado, los resultados se pueden organizar con base en los sistemas de representación de funciones y las diferencias entre los grupos experimentales y de control, como se muestra en la Tabla 4.

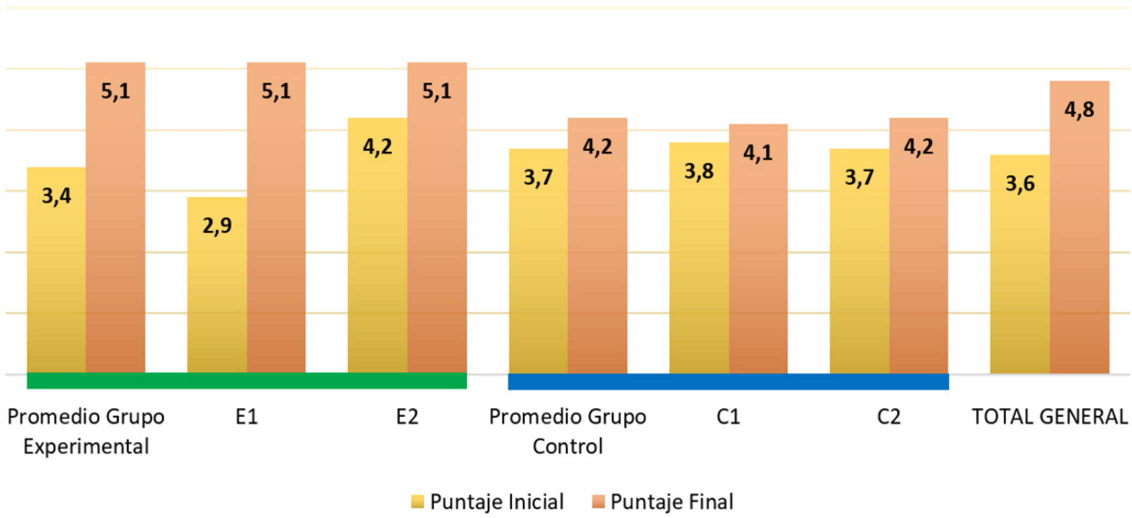
Tabla 4. *Resultados de la prueba inicial por grupo y sistema de representación*

	Grupo experimental			**Grupo control**			
	E1	E2	Promedio	C1	C2	Promedio	Diferencia promedio
Puntaje inicial	2.91	4.19	3.45	3.79	3.67	3.74	-0.29
Descripción del problema	1.14	1.81	1.42	1.71	1.44	1.61	-0.19
Modelación matemática	0.73	1.31	0.97	1.21	1.44	1.30	-0.33
Gráfica cartesiana	1.05	1.06	1.05	0.86	0.78	0.83	0.22

El promedio del puntaje inicial total entre los dos tipos de grupo presenta una diferencia de 0.29 con mejor desempeño en del grupo control. Esta diferencia fue evaluada mediante una prueba no paramétrica y una prueba de hipótesis asociada. Al validar las diferencias para cada categoría de preguntas, se encontró que el sistema de representación de funciones con la contribución más alta es la modelación matemática.

La Figura 5 contrasta los resultados de las pruebas diagnósticas iniciales y finales.

Figura 5. *Nota promedio en las pruebas inicial y final por grupo*



Los resultados muestran un aumento de 1.2 puntos en el promedio total de todos los cursos, pero, al examinar los grupos experimentales, se puede observar un aumento en el promedio de 1.7 puntos, mientras que el grupo control presenta un aumento de 0.5 puntos. Esto proporciona una primera idea sobre el efecto de la aplicación del ARG en el grupo experimental, pero deben realizarse más pruebas para sustentar estadísticamente dicha afirmación.

En cuanto a la representación de las funciones, la prueba final arrojó los resultados que se muestran en la Tabla 5.

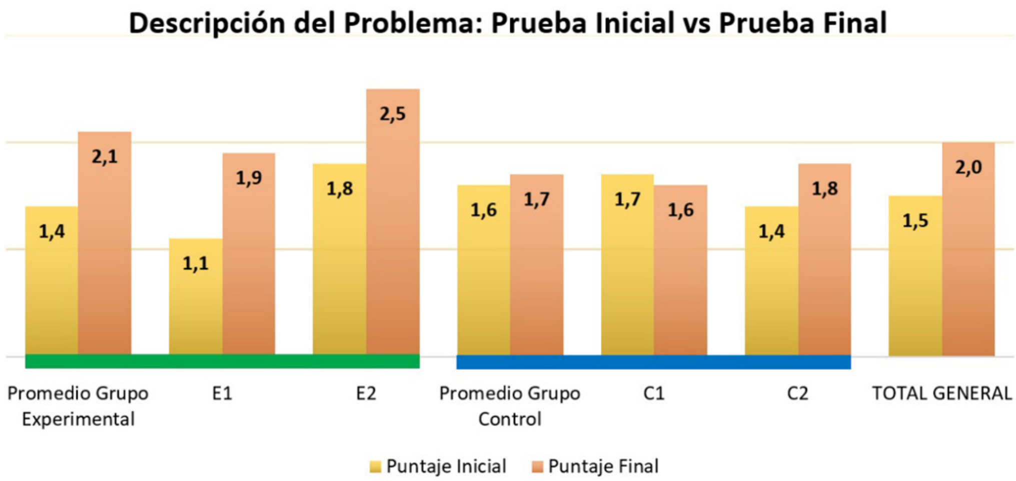
Tabla 5. *Resultados de la prueba final por grupo y sistema de representación*

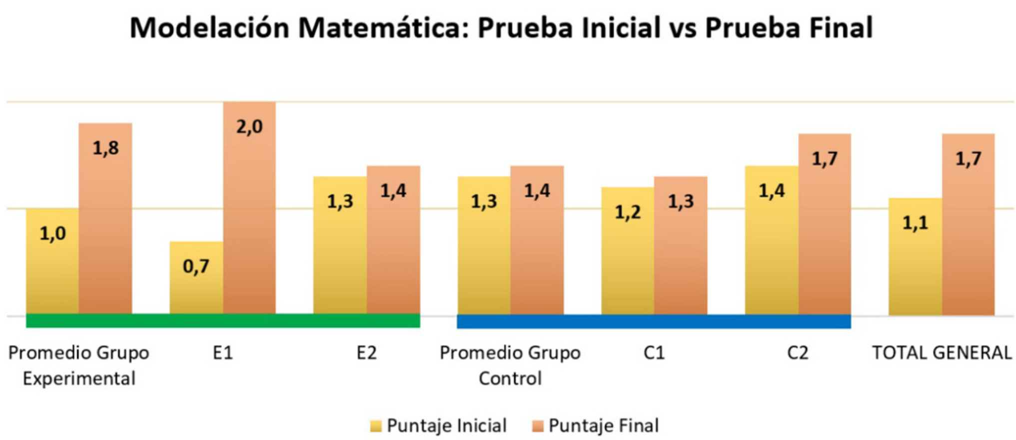
	Grupo experimental			Grupo control			
	E1	E2	Promedio	C1	C2	Promedio	Diferencia promedio
Puntaje final	5.14	5.13	5.13	4.14	4.22	4.17	0.96
Descripción del problema	1.86	2.5	2.13	1.57	1.78	1.65	0.48
Modelación matemática	2.05	1.44	1.79	1.29	1.67	1.43	0.36
Gráfica cartesiana	1.23	1.19	1.21	1.29	0.78	1.09	0.12

Los resultados de las pruebas finales muestran una reversión respecto a las iniciales, *i.e.*, mientras que el grupo control obtuvo un puntaje promedio superior en la prueba inicial, con una diferencia de -0.29, el grupo experimental no solo superó esa diferencia en la prueba final, sino que obtuvo una ventaja de casi un punto. Esto representa una mejora en el promedio de la diferencia, que pasó de -0.29 a 0.96, para un total de 1.25 puntos. Este resultado se debe principalmente a las categorías de descripción del problema y modelación matemática, mientras que las preguntas del apartado de gráfica cartesiana se mantienen en condiciones similares.

Al comparar el puntaje promedio inicial *vs.* el final para las categorías de descripción del problema y modelación matemática, se encontró la mayor diferencia entre pruebas. Lo anterior requiere una mirada específica a los resultados para las categorías mencionadas, como se muestra en la Figura 6.

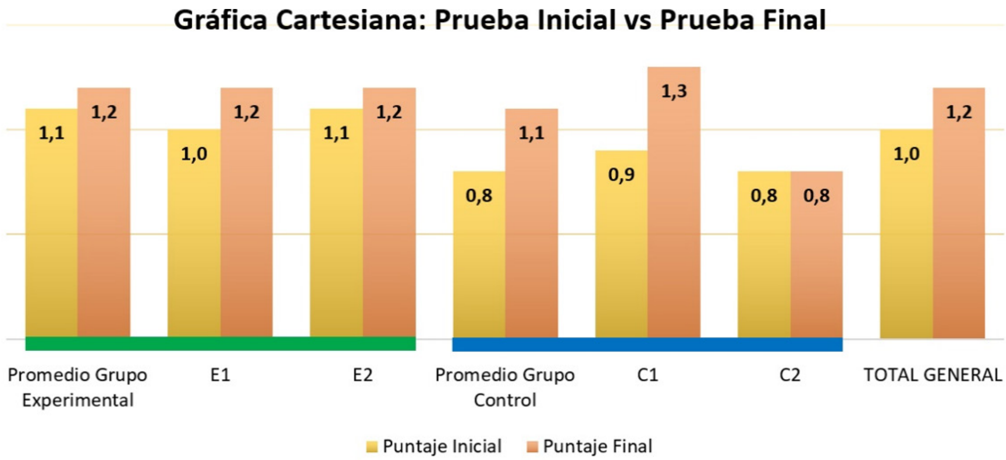
Figura 6. Pruebas iniciales vs. finales para las categorías de descripción del problema y modelación matemática





Para la categoría de gráfica cartesiana, la diferencia entre los grupos no es representativa. En el grupo experimental se observa un incremento de solo 0.1, y en el grupo control uno de 0.3 (Figura 7).

Figura 7. *Pruebas iniciales vs. finales para la categoría de gráfica cartesiana*



Las pruebas se realizaron con base en diez preguntas, donde cada respuesta correcta se valoraba con 1, por lo que los resultados posibles oscilaban entre 0 y 10. Esto indica que los datos no corresponden a una variable continua, sino a una distribución discreta acotada entre 0 y 10, lo que a su vez sugiere que la población no sigue una distribución normal. Por tanto, se utilizaron pruebas no paramétricas adecuadas para este tipo de datos. En todos los casos, el nivel de significancia fue de 0.05.

Se aplicó la prueba Kruskall-Wallis para identificar el punto de partida, dado que los grupos de estudiantes que presentaron la prueba inicial eran independientes. Luego, se utilizó la prueba Wilcoxon para comparar los resultados de la prueba inicial con los de la prueba final para cada grupo.

La hipótesis nula era que las muestras provenían de poblaciones con medianas iguales, y la hipótesis alternativa afirmaba que las muestras provenían de poblaciones con medianas diferentes. Se tomó el valor p, o la prueba de significancia. En este caso, la hipótesis planteaba que la mediana de las puntuaciones era igual en todos los grupos o que existían diferencias entre ellas. Si el valor p era mayor que 0.05, se consideraba que las medianas eran estadísticamente iguales.

Mediante el *software* estadístico InfoStat (versión 2018), se realizó una primera comprobación, con el fin de validar si el nivel inicial de los estudiantes que participaron de la estrategia basada en el ARG era igual o diferente al de los grupos de control.

Análisis no paramétrico

Este tipo de análisis valida si los promedios de la nota inicial de los grupos se pueden considerar iguales o diferentes. Por ello, se realizó la prueba Kruskall-Wallis, donde los grupos eran independientes. La Tabla 6 presenta el resultado que arrojó InfoStat para la prueba inicial.

Tabla 6. *Prueba Kruskall-Wallis para el puntaje total promedio de la prueba inicial*

Grupo	Cantidad	Media	Desviación estándar	Mediana	Promedio de rangos	H	p
E1	22	2.91	1.38	3.00	25.02	4.15	0.2314
E2	16	4.19	2.37	4.50	36.06		
C1	14	3.37	1.76	3.50	33.21		
C2	9	3.67	1.00	4.00	33.17		

Utilizando un valor p = 0.2314 —mayor que el nivel de significancia de 0.05 utilizado en la prueba Kruskall-Wallis— para las notas de la prueba inicial, no se encontró evidencia significativa de diferencias entre los grupos. Esto significa que los grupos son iguales en el punto de partida, o que los promedios se pueden considerar estadísticamente iguales.

Se realizaron pruebas Kruskall-Wallis para los principales sistemas de representación de funciones: descripción del problema ($p=0.3170>0.05$), modelación matemática ($p=0.1144>0.05$) y gráfica cartesiana ($p=0.6287>0.05$). Tampoco se observó evidencia significativa de diferencias entre los grupos (ver los valores p en la Tabla 7).

Tabla 7. *Resultados de las pruebas Kruskall-Wallis para los sistemas de representación de funciones*

Categoría: descripción del problema

Grupo	Cantidad	Media	Desviación estándar	Mediana	Promedio de rangos	H	p
E1	22	1.14	0.94	1.00	25.91	3.28	0.317
E2	16	1.81	12.80	2.00	35.56		
C1	14	1.71	1.20	1.50	34.04		
C2	9	1.44	0.73	1.00	30.61		

Categoría: modelación matemática

Grupo	Cantidad	Media	Desviación estándar	Mediana	Promedio de rangos	H	p
E1	22	0.73	0.77	1.00	24.36	5.28	0.1144
E2	16	1.31	0.95	1.00	34.72		
C1	14	1.21	1.05	1.00	32.71		
C2	9	1.44	0.88	1.00	37.94		

Categoría: gráfica cartesiana

Grupo	Cantidad	Media	Desviación estándar	Mediana	Promedio de rangos	H	p
E1	22	1.05	0.72	1.00	32.84	1.38	0.6287
E2	16	1.06	0.68	1.00	33.28		
C1	14	0.86	0.66	1.00	28.36		
C2	9	0.78	0.44	1.00	26.56		

Contraste entre los puntajes inicial y final: efecto del ARG

La prueba Wilcoxon se utilizó para determinar la relación entre la aplicación del juego y el resultado final de la prueba diagnóstica. La hipótesis nula planteaba que no había diferencia entre las medianas inicial y final, y la hipótesis alternativa sugería que sí existía tal diferencia.

La Tabla 8 presenta estos resultados, obtenidos utilizando InfoStat con un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 8. *Prueba Wilcoxon para la relación entre el ARG y los puntajes de los dos grupos analizados*

Grupo	Obs (1)	Obs (2)	Cantidad	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	p
Experimental	Puntaje inicial	Puntaje final	38.00	127.00	370.50	4674.00	-3.56	< 0.0001
Control	Puntaje inicial	Puntaje final	23.00	92.50	138.00	1055.63	-1.40	0.2128

Los grupos experimentales presentaron un valor p < 0.0001, mucho menor que 0.05, lo que confirma la existencia de diferencias estadísticamente significativas. Para el grupo de control, el valor p fue mayor que 0.05, por lo que no se evidenció relación con el tratamiento —apenas natural, pues no se aplicó. El estadístico de prueba Z para el nivel de confianza definido es de ±1.96, pero, en este caso, el resultado fue Z = -3.56, lo cual se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Por tanto, los valores de las medianas son diferentes entre grupos. Existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis de que existe una relación entre las calificaciones finales y la implementación de la metodología.

De lo anterior se puede afirmar que la implementación del ARG en el grupo experimental sí representó un beneficio para su desempeño en la prueba diagnóstica. Esto, en comparación con el grupo control.

Asimismo, en cuanto a los sistemas de representación de funciones, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 9).

Tabla 9. *Prueba Wilcoxon para los puntajes inicial y final en relación con cada sistema de representación de funciones*

Categoría: descripción del problema

Grupo	Obs (1)	Obs (2)	Cantidad	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	p
Experimental	Puntaje inicial	Puntaje final	38	136.00	370.50	4662.00	-3.43	0.0010
Control	Puntaje inicial	Puntaje final	23	118.00	138.00	1050.88	-0.62	0.8262

Categoría: modelación matemática

Grupo	Obs (1)	Obs (2)	Cantidad	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	p
Experimental	Puntaje inicial	Puntaje final	38	58.00	370.50	4469.75	-4.67	0.0002
Control	Puntaje inicial	Puntaje final	23	39.00	138.00	1000.50	-3.13	0.0708

Categoría: gráfica cartesiana								
Grupo	**Obs (1)**	**Obs (2)**	**Cantidad**	**Suma (R+)**	**E (R+)**	**Var (R+)**	**Z**	**p**
Experimental	Puntaje inicial	Puntaje final	38	403.00	370.50	4439.25	0.49	0.2026
Control	Puntaje inicial	Puntaje final	23	153.50	138.00	1030.13	0.48	0.2366

Para los grupos experimentales, se observan valores p de 0.0010 en la categoría de descripción del problema y de 0.0002 en la de modelación matemática. En consecuencia, se puede afirmar que la aplicación del ARG sí está relacionada con el puntaje final. Entretanto, para la categoría de gráfica cartesiana, el valor p es de 0.2026, mayor que el nivel de significancia, por lo que no existe relación con la aplicación del juego.

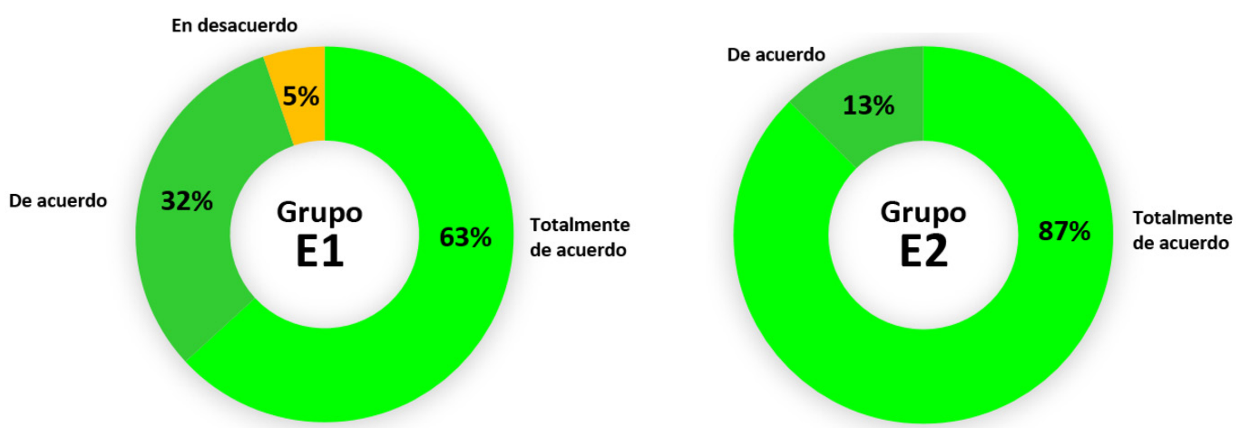
Impresiones y percepciones sobre la estrategia basada en el ARG

Al final del curso, se realizó una encuesta con cinco preguntas a los estudiantes que jugaron *El plan de Gauss*, en aras de conocer sus impresiones y percepciones sobre la estrategia didáctica. Se utilizó la escala Likert para las opciones de respuesta: totalmente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo. En la encuesta también se incluyó un apartado para que los estudiantes escribieran otras observaciones.

Las Figuras 8 a 11 muestran los porcentajes obtenidos para las respuestas de los grupos experimentales. Cada figura tiene dos gráficos de anillo: el de la izquierda representa a E1 y el de la derecha a E2. Los resultados constituyen un diagnóstico descriptivo basado en la información obtenida a través de la encuesta.

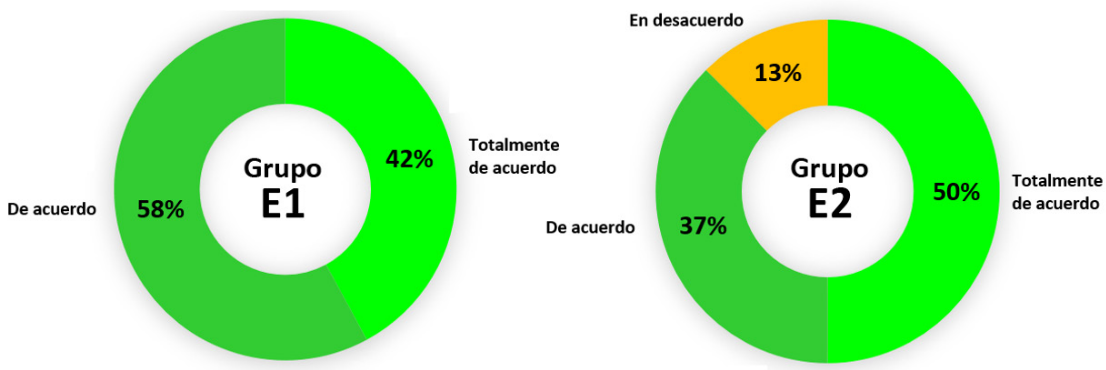
A la pregunta *¿resolver talleres con problemas relacionados con la vida real aporta a mi aprendizaje?*, la mayoría de los estudiantes de E1 y E2 manifestaron estar totalmente de acuerdo (Figura 8). En las observaciones, destacaron la utilidad del juego, pues muestra la aplicabilidad de las matemáticas en la resolución de problemas de la vida cotidiana, si bien manifestaron que algunos retos fueron difíciles de resolver y que requirieron ayuda adicional del profesor.

Figura 8. *¿Resolver talleres con problemas relacionados con la vida real aporta a mi aprendizaje?*



De igual modo, el 42 % de los estudiantes del grupo E1 y el 50 % del grupo E2 respondió afirmativamente a la pregunta *¿considero importante aprender matemáticas por medio del juego?* (Figura 9). En las observaciones, los estudiantes valoraron positivamente el uso de este tipo de estrategias como complemento a las tradicionales, puesto que, según uno de ellos, los sacaba de la monotonía de una clase de matemáticas común y corriente.

Figura 9. *¿Considero importante aprender matemáticas por medio del juego?*



Ante la pregunta *¿me sentí incómodo participando en juegos para aprender matemáticas?* (Figura 10), los estudiantes manifestaron no haber sentido incomodidad. En cuanto a la pregunta *¿disfruté cuando participé en juegos para la solución de problemas de matemáticas?* (Figura 11), la mayoría de estudiantes estuvieron de acuerdo o totalmente de acuerdo. Para complementar tales respuestas, en las observaciones, los estudiantes destacaron la importancia de la buena disposición del profesor para motivarlos a jugar y guiarlos y asesorarlos en la ejecución y resolución de los retos.

Figura 10. *¿Me sentí incómodo participando en juegos para aprender matemáticas?*

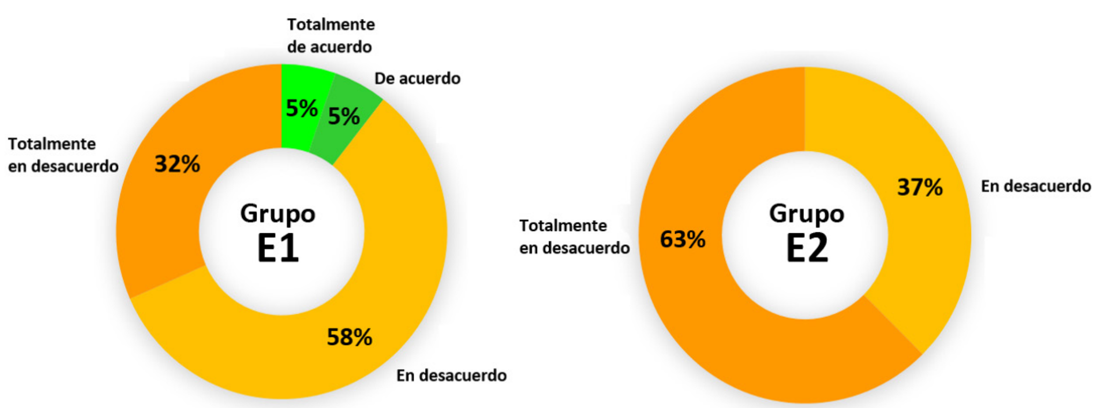
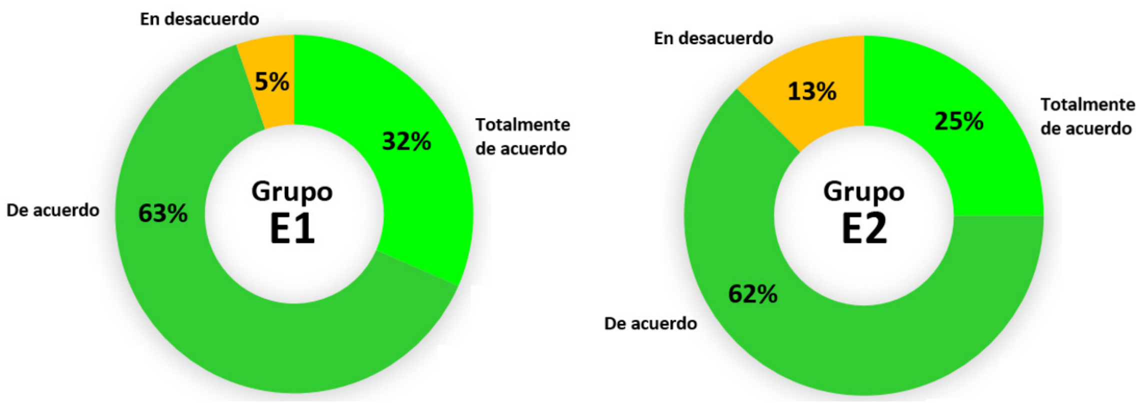
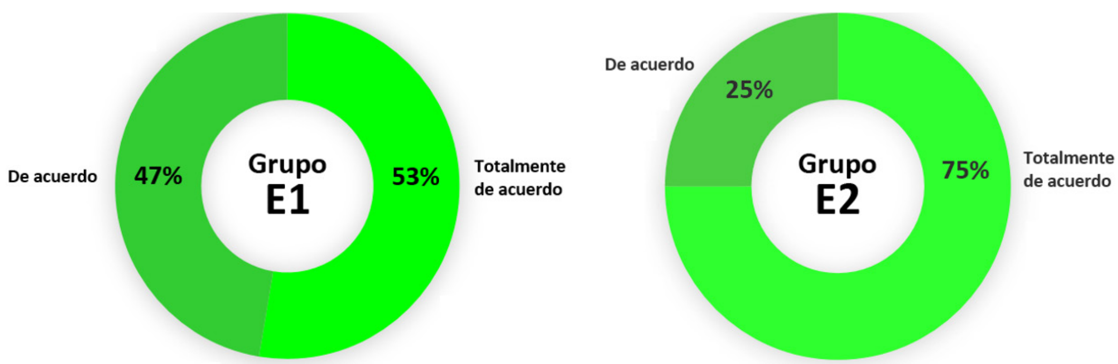


Figura 11. *¿Disfruté cuando participé en juegos para la solución de problemas de matemáticas?*



Finalmente, a la pregunta *¿el profesor debe usar los juegos para motivar a los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas?*, los estudiantes contestaron afirmativamente (Figura 12). Aunque al inicio del curso —e incluso antes de iniciar la estrategia— algunos estudiantes expresaron su inconformidad por la utilización de un juego en el contexto de la educación universitaria, al final estuvieron de acuerdo en la importancia de la implementación de este tipo de estrategias didácticas.

Figura 12. *¿El profesor debe usar los juegos para motivar a los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas?*



CONCLUSIONES

La aplicación del juego de realidad alternativa *El plan de Gauss* como estrategia de enseñanza en los cursos de matemáticas fundamentales de la UniCamacho arrojó resultados positivos. Esta afirmación se sustenta en el análisis de datos obtenidos de pruebas diagnósticas realizadas al inicio y al final de los cursos, junto con la utilización de métodos estadísticos no paramétricos.

El juego se desarrolló utilizando tecnología accesible para los estudiantes, lo que facilitó su participación tanto en su construcción como en su implementación, sin barreras técnicas o económicas. Las actividades se planificaron con objetivos claros y se evaluaron para asegurar que el juego mantuviera un enfoque educativo y aportara al aprendizaje además de entretener a los participantes. Asimismo, se incorporaron historias cercanas a la realidad de los jugadores, inspiradas en situaciones y problemas reales, lo que fortaleció la conexión entre el aprendizaje y la vida cotidiana.

En el contexto de la educación superior en matemáticas básicas, la implementación del ARG fortaleció la capacidad para describir problemas y llevar a cabo su modelación matemática. Sin embargo, este impacto no fue tan evidente en lo que respecta a la representación gráfica de funciones mediante el sistema de coordenadas cartesianas. Esto puede deberse a que la educación secundaria se suele enfocar más en la resolución de problemas literales y en la tabulación de datos, lo que a menudo conlleva que los estudiantes confundan la gráfica con la función misma, lo que constituye un obstáculo para su comprensión epistemológica.

Es importante resaltar que los estudiantes que participaron en *El plan de Gauss* reaccionaron de manera positiva a la estrategia didáctica, pues les permitió abordar el aprendizaje de una manera divertida y significativa.

Las problemáticas sociales ligadas al juego fueron un escenario relevante en la investigación. La matemática crítica y las etnomatemáticas coincidieron en nuestro estudio para explorar las conexiones entre las matemáticas y los aspectos sociales desde múltiples perspectivas.

Este estudio resaltó el papel del juego como escenario para explorar, desde la matemática crítica y las etnomatemáticas, las conexiones entre las matemáticas y lo social. En este proceso, diversos elementos confluyeron de manera armoniosa: el reconocimiento de la multiplicidad de enfoques culturales en la resolución de problemas matemáticos, la aplicación de la modelación matemática a contextos lineales y cuadráticos, y la utilización de sistemas de representación de funciones matemáticas en situaciones sociales. Este abordaje brinda herramientas valiosas que favorecen una comprensión matemática más rica y diversa, y promueve una visión inclusiva y consciente del papel de las matemáticas en la sociedad.

Este estudio insta a adoptar una visión más amplia y enriquecedora de las matemáticas, reconociendo su poder no solo como una disciplina abstracta, sino como una herramienta fundamental para comprender y abordar los desafíos sociales con sensibilidad y astucia. Además, destaca la importancia de incorporar los llamados *juegos serios*, como los ARG, en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Esta propuesta, sin embargo, no se limita al ámbito matemático, pues su versatilidad y adaptabilidad permiten aplicarla también en otras disciplinas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Institución Universitaria Antonio José Camacho por financiar el desarrollo de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Diego Darío López-Mera: conceptualización, investigación, administración del proyecto, supervisión, recursos, software, redacción (borrador original), redacción (revisión y edición).
Carlos Arturo Muñoz Vargas: conceptualización, investigación, análisis formal, metodología, validación, redacción (borrador original).
Sandra Viviana Osorno Taborda: metodología, curación de datos, análisis formal, visualización, validación, redacción (revisión y edición).

REFERENCIAS

Arias, J., Cárdenas, C., & Estupiñán, F. (2005). *Aprendizaje cooperativo*. Universidad Pedagógica Nacional.

Assunção, I., Moraes, A., Radaelli, E., Borba, L., Campos, A., Oliveira, M., Linhati, S., & Reis, S. (2023). Until afternoon remake: um jogo de realidade alternativa (ARG) para o uso no contexto universitário. En L. R. Emmendörfer & J. V. Carvalho Asunção (Eds.), *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2023)* (pp. 1096-1104). SBC. https://doi.org/10.5753/sbgames_estendido.2023.233994

Ausubel, D. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9454-7

Bouris, A., Mancino, J., Jagoda, P., Hill, B., & Gilliam, M. (2015). Reinvigorating adolescent sexuality education through alternate reality games: The case of The Source. *Sex Education*, *15*(6), 1-15. https://doi.org/10.1080/14681811.2015.1101373

Brousseau, G. (1986). *Fundamentos y métodos de la didáctica de la matemática*. Universidad Nacional de Córdoba.

Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique.

Chevallard, Y., Bosch, M., & Gascón, J. (1997). *Estudiar matemáticas: el eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje*. ICE-Horsori.

Connolly, T., Stansfield, M., & Hainey, T. (2011). Alternate reality game for language learning: ARGuing for multilingual motivation. *Computers & Education*, *57*(1), 1389-1415. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.009

D'Ambrosio, U. (1985). *Socio-cultural bases for mathematics education*. UNICAMP.

Deus, T., & Soares, M. (2020). The short alternate reality game (Short ARG) as a strategy for discussing chemical concepts at college education. *Química Nova*, *43*(3), 362-370. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170479

Dondlinger, J., & McLeod, K. (2015). Solving real world problems with alternate reality gaming: Student experiences in the global village playground capstone course design. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, *9*(2), 3. https://doi.org/10.7771/1541-5015.1488

Dreyfus, T. (2002). Advanced mathematical thinking processes. En D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 25-41). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47203-1_2

Economides, K. (2017). For ARGument's sake! The pros and cons of alternate reality gaming in higher education. En A. Tatnall & M. Webb (Eds.), *Tomorrow's learning: Involving everyone. Learning with and about technologies and computing (WCCE 2017)* (IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 515, pp. 65-74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74310-3_8

Elsom, S., Westacott, M., Stieler, C., Glencross, S., & Rutter, K. (2021). Finding resources, finding friends: Using an alternate reality game for orientation and socialisation in a university enabling program. *Interactive Learning Environments*, *31*(5), 2635-2649. https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1894181

Fischer, J., Jiang, W., & Moran, S. (2012). AtomicOrchid: A mixed reality game to investigate coordination in disaster response. En M. Herrlich, R. Malaka, & M. Masuch (Eds.), *Entertainment computing – ICEC 2012* (Lecture Notes in Computer Science, vol. 7522, pp. 626-629). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33542-6_75

Gilliam, M., Jagoda, P., Fabiyi, C., Lyman, P., Wilson, C., Hill, B., & Bouris, A. (2017). Alternate reality games as an informal learning tool for generating STEM engagement among underrepresented youth: A qualitative evaluation of The Source. *Journal of Science Education and Technology*, *26*, 295-308. https://doi.org/10.1007/s10956-016-9679-4

Godino, J., & Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, *14*(3), 325-355.

González, A., Molina, J., & Sánchez, A. (2014). La matemática nunca deja de ser un juego: investigaciones sobre los efectos del uso de juegos en la enseñanza de las matemáticas. *Educación Matemática*, *26*(3), 109-133. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40540689005

Greca, I., & Moreira, M. (2016). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, *1*(1), 95-108. https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/648

Hiebert, J., & Carpenter, T. (1992). Learning and teaching with understanding. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 65–92). Macmillan.

Holand, I., Mozelius, P., & Skevik, T. (2022). Implementation of emergency management exercises as alternate reality games: Students' perceptions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *17*(6), 181-193. https://doi.org/10.3991/ijet.v17i06.27937

Hu, X., Zhang, H., & Ma Rhea, Z. (2016). Alternate reality game in education: A literature review. En M. Baguley (Ed.), *AARE 2016: Transforming Educational Research* (pp. 1–16). Australian Association for Research in Education. https://www.researchgate.net/publication/320395673_Alternate_Reality_Game_in_Education_A_Literature_Review

Indayati, T., Rahayu, W., & Karinsa, H. (2024). Alternate reality game and augmented reality: Do they complement in promoting students' self-efficacy for science learning. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *25*(3), 1329-1346. https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1329-1346

Institución Universitaria Antonio José Camacho (UniCamacho) (2013). *Modelo pedagógico institucional*. UniCamacho.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) (2023). *Informe nacional de resultados del examen Saber 11° 2022*. ICFES. https://www.icfes.gov.co/wp-content/uploads/2024/11/Informe_Nacional_de_Resultados_Saber_11_22.pdf

International Game Developers Association (IGDA) (2006). *Alternate reality games whitepaper 2006*. The IGDA Alternate Reality Games SIG. https://www.christydena.com/wp-content/uploads/2007/11/igda-alternaterealitygames-whitepaper-2006.pdf

Jerrett, A., Bothma, T., & de Beer, K. (2017). Exercising library and information literacies through alternate reality gaming. *Aslib Journal of Information Management*, *69*(2), 230-254. https://doi.org/10.1108/AJIM-11-2016-0185

Johnson, J. (2018). *Issues with reality: Defining and exploring the logics of alternate reality games* [Tesis doctoral, University of Wisconsin-Milwaukee]. https://dc.uwm.edu/etd/1837

Johnson, P. (1990). *El ordenador y la mente: Introducción a la ciencia cognitiva*. Paidós.

Johnston, J., Massey, A., & Marker, R. (2012). Using an alternate reality game to increase physical activity and decrease obesity risk of college students. *Journal of Diabetes Science and Technology*, *6*(4), 828-838. https://doi.org/10.1177/193229681200600414

Lin, H., Lu, L., & Lu, R. (2024). Integrating digital technologies and alternate reality games for sustainable education: Enhancing cultural heritage awareness and learning engagement. *Sustainability*, *16*(21), 9451. https://doi.org/10.3390/su16219451

Linhati, S., & dos Reis, S. (2023). Design proposal for a continuing training course on alternative reality games for Spanish teachers. *The ESPecialist*, *44*(2), 41-59. https://doi.org/10.23925/2318-7115.2023v44i2e62308

Lupano, M., Farinetti, L., & Morreale, D. (2021). OPUS: An alternate reality game to learn SQL at university. En IEEE (Eds.), *IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)* (pp. 121-126). IEEE. https://doi.org/10.1109/COMPSAC51774.2021.00028

McGonigal, J. (2008). Making alternate reality the new business reality. Breakthrough Ideas for 2008. *Harvard Business Review*. https://hbr.org/2008/02/breakthrough-ideas-for-2008

Mera, H. (2010). Acerca de la autonomía en la educación superior. *Boletín de Investigaciones*, *5*(2), 3-4. Institución Universitaria Antonio José Camacho.

Moreira, M. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Qurriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, *25*, 29-56. http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/10652

Moula, E., & Malafantis, K. (2019). From literature to alternate reality games: Prerequisites, criteria, and limitations of a young adult novel's transformational design for educational purposes. *Advances in Literary Study*, *7*, 224-241. https://doi.org/10.4236/als.2019.74014

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2023). *PISA 2022 Results (Volume I and II) – Country Notes: Colombia*. OCDE. https://www.oecd.org/en/publications/2023/11/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_2fca04b9/colombia_6ba7ebff.html

Palmer, C., & Petroski, A. (2016). *Alternate reality games: Gamification for performance*. CRC Press.

Piatt, K. (2009). Using alternate reality games to support first year induction with ELGG. *Campus-Wide Information Systems*, *26*(4), 313-322. https://doi.org/10.1108/10650740910984646

Ponte, J. (1992). The history of the concept of function and some educational implications. *The Mathematics Educator*, *3*(2), 3-8. https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3168

Rico, L. (2009). Sobre las nociones de representación y comprensión en la investigación en educación matemática. *PNA: Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, *4*(1), 1-14. http://hdl.handle.net/10481/3501

Ruíz, D. (2022). Juegos de realidad alternativa: nuevas aproximaciones taxonómicas en camino a una redefinición del género. En G. Paredes & I. López (Eds.), *Cultura audiovisual, periodismo y política: nuevos discursos y narrativas en la sociedad digital* (pp. 366-387). Dykinson. https://hdl.handle.net/11441/135196

Salazar, F. (2023). *Alternate reality games e civic media: Interações digitais e psico-geográficas no espaço urbano* [Tesis de maestría, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. http://hdl.handle.net/10451/57356

Santuari, N., Palmisano, F., Vanzo, S., Franchini, G., & Moletta, C. (2024). Nursing training game: Win for fiction! Un'esperienza formativa di gioco per accompagnare lo sviluppo di competenze nella gestione del bambino critico per gli infermieri del pronto soccorso di Trento. En P. de Waal, P. Gallo, R. Pinna, & S. Rabellino (Eds.), *Atti del MoodleMoot Italia 2024* (pp. 214-223). Associazione Italiana Utenti Moodle. https://eventi.aium.it/event/6/contributions/156

Skovsmose, O. (1999). *Hacia una filosofía de la educación matemática crítica*. Una empresa docente.

Stewart, S. (2006). Collaborating with the audience: Alternate reality games. *Sean Stewart*. http://www.seanstewart.org/collaborating-with-the-audience-alternate-reality-games/

Stylianidou, N., Sofianidis, A., Manoli, E., & Meletiou, M. (2020). "Helping Nemo!"—Using augmented reality and alternate reality games in the context of universal design for learning. *Education Sciences*, *10*(4), 95. https://doi.org/10.3390/educsci10040095

Szulborski, D. (2005). *This is not a game*. New Fiction Publishing.

Tay, J., Goh, Y., Safiena, S., & Bound, H. (2022). Designing digital game-based learning for professional upskilling: A systematic literature review. *Computers & Education*, *184*, 104518. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104518

UNESCO (2021). *Los aprendizajes fundamentales en América Latina y el Caribe: evaluación de logros de los estudiantes. Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE 2019), resumen ejecutivo*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380257

Urano, S., Yu, P., & Hoshino, J. (2012). Disaster experience game in a real world. En A. Nijholt, T. Romão & D. Reidsma (Eds.), *Advances in Computer Entertainment. ACE 2012* (Lecture Notes in Computer Science, vol. 7624, pp. 581-584). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34292-9_64

Wen, R. (2024). *Motivational landscapes of ARG players: A self-determination theory perspective*. https://doi.org/10.26503/dl.v2024i1.2228

Whitton, N., & Langan, M. (2019). Fun and games in higher education: An analysis of UK student perspectives. *Teaching in Higher Education*, *24*(8), 1000-1013. https://doi.org/10.1080/13562517.2018.1541885

Xiong, S., Xie, K., Wen, R., Zeng, Y., & Nie, L. (2024). The impact of alternate reality game on the environmental cognition for university freshmen. En X. Fang (Ed.), *HCI in Games. HCII 2024* (Lecture Notes in Computer Science, vol. 14731, pp. 78-93). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60695-3_7