



ARTÍCULO / ARTICLE

La Alfabetización Cuantitativa en estudiantes de Tercer Grado de Primaria a través de un Juego Serio

Quantitative Literacy in Third Grade Students using a Serious Game

José Luis Fernández-Robles¹, Laura Sanely Gaytán-Lugo², Sara Catalina Hernández-Gallardo³ y Miguel Ángel García-Ruíz⁴

Recibido: 20 octubre 2018
Aceptado: 27 mayo 2019

Dirección autores:

^{1,3} Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Universidad de Guadalajara. Periférico Norte N° 799, Núcleo Universitario Los Belenes, C.P. 45100, Zapopan, Jalisco (México)

² Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad de Colima. Carretera Colima - Coquimatlan km 9, C.P. 28400 Coquimatlan, Colima (México)

⁴ Department of Mathematics and Computer Science. Algoma University. 1520 Queen St E, Sault Ste. Marie, Ontario (Canadá)

E-mail / ORCID

jfr@ucea.udg.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-2273-529X>

laura@ucol.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-7007-7500>

shernand@cencar.udg.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-2152-1668>

miguel.garcia@algoma.ca

 <http://orcid.org/0000-0002-7048-7286>

Resumen: Los últimos resultados de las evaluaciones nacionales e internacionales demuestran que el aprendizaje de las matemáticas resulta complejo para los estudiantes mexicanos. Distintos planes y técnicas se han puesto en marcha para tratar de contrarrestar dicho problema, y el uso de las tecnologías es uno de ellos. Durante las últimas dos décadas, la industria de los videojuegos en México ha ganado gran terreno entre la población de niños y jóvenes, es por ello, que se debe de aprovechar las ventajas que este tipo de herramientas tecnológicas tiene. En este trabajo, se presenta un juego serio para mejorar la alfabetización cuantitativa en niños de tercer grado de primaria. Para su diseño se utilizó un modelo de desarrollo iterativo que contempla cuatro etapas: planificación, desarrollo, evaluación y mejora; haciendo énfasis en el diseño de la instrucción. A través de un cuasiexperimento por un periodo de dos meses, el juego fue probado en un grupo de 33 alumnos de tercer grado del turno matutino. Los resultados obtenidos demostraron de forma cuantitativa un incremento en las habilidades de los alumnos. Se demostró que de los tres subconstructos que forman la alfabetización cuantitativa, dos de estos (números naturales y operaciones matemáticas) presentaron una mejora significativa tras el tratamiento. El juego serio fue del agrado de los estudiantes, por lo que como plan futuro se espera utilizar esta herramienta en distintas poblaciones.

Palabras clave: Juegos Serios, Aprendizaje de las Matemáticas, Diseño de la Instrucción, Diseño de Videojuegos, Educación Primaria.

Abstract: The last results of national and international evaluations, show that learning math is complex for Mexican students. Different plans and techniques have been implemented to counter this problem, one of them is the use of different technology in the classroom. During the last two decades, the videogame industry in Mexico has gained great traction among children, teenagers and young people, which is why the advantages of these kind of technologic tools must be harnessed. In this paper, we present a serious game to improve quantitative literacy in children studying the third grade of primary school. To design it, an iterative design model that contemplates four stages was use: planification, development, evaluation and improvement; emphasizing the instruction design. Through a quasi-experiment during a two-month period, the game was tested in a class of 33 morning shift third-grade students. The results obtained demonstrated quantitatively an increase in the students' skills. It was shown, that out of the three subconstructs that constitute quantitative literacy, two of those (natural numbers and mathematical operations) showed significant improvement after treatment. The students enjoyed and engaged with the serious game, which is why it is expected to use this tool in the future in different Mexican communities.

Keywords: Serious Games, Mathematical Learning, Instructional Design, Videogame Design, Primary Education.

1. Introducción

Los últimos resultados de las evaluaciones nacionales e internacionales demuestran los problemas que los estudiantes mexicanos tienen para adquirir habilidades matemáticas, pues de acuerdo con estos, más de la mitad de los estudiantes de educación básica en México presentan un desempeño considerado como insuficiente o apenas básico. Prueba de ello, son los resultados obtenidos por los estudiantes de tercer grado de primaria en la aplicación de ENLACE en 2013, donde por arriba del 40% de estos, recaen en niveles insuficientes y de conocimiento elemental en su desempeño matemático (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación - INEE, 2015). Los estudiantes en este nivel pueden llevar a cabo procedimientos rutinarios en donde las instrucciones les son proporcionadas, pero presentan problemas al tratar de representar matemáticamente una situación simple del mundo real como calcular y comparar los tiempos de transporte entre dos diferentes rutas o realizar conversiones entre distintas unidades (OCDE, 2016a). Son estudiantes que enfrentan grandes dificultades para desarrollar un pensamiento matemático que los capacite para manejar abstracciones o usar las matemáticas como una herramienta para beneficiarse de las diferentes oportunidades de aprendizaje y educación a lo largo de su vida (INEE, 2016).

Lo anterior, representa un grave problema, pues la competencia matemática forma parte del conjunto de habilidades que todos los ciudadanos necesitan para poder desenvolverse en su día a día a través de mediciones, cálculo numérico, pensamiento lógico, entre otros. Esta se convierte en una forma de comunicación similar al lenguaje, que sirve para dar sentido al mundo, saber modelar, explicar y anticipar fenómenos, en resumen, es una forma de pensamiento ordenado y lógico que potencia el desarrollo individual y fomenta el desarrollo científico (INEE, 2016).

Distintas prácticas o soluciones se han buscado e implementado para tratar de contrarrestar este problema. Desde el área relacionada con las tecnologías se han utilizado distintos tipos de software y/o hardware para acoplarlo a las prácticas educativas en el aula (Dashtestani y Stojković, 2015). Las herramientas que suelen tener mayor popularidad en este tipo de población son las que contienen elementos multimedia (Adachi y Willoughby, 2017); de hecho, entre sus múltiples aplicaciones, es posible encontrar un gran número de juegos. Así, cada vez es más común encontrar juegos cuyo propósito primordial no es la diversión, sino mejorar alguna habilidad del usuario o crear conciencia sobre un tema específico, en un fenómeno conocido como aprendizaje colateral (Alvarez, Rampnoux, Jessel y Methel, 2007; Zyda, 2005).

A tenor de la problemática expuesta con anterioridad, es importante que los estudiantes mexicanos cuenten herramientas que les ayuden a desarrollar y mejorar sus habilidades matemáticas, así como que sean de su agrado. Por ello, se propone el desarrollo de un juego serio que se utiliza para que los estudiantes de tercer grado de primaria desarrollen sus habilidades para trabajar con números naturales, comprender las relaciones entre ellos y resolver operaciones matemáticas

1.1. Alfabetización matemática

Diversos investigadores definen el conjunto de habilidades y herramientas de índole matemática que un individuo requiere a fin de ser funcional en una sociedad moderna. Este conjunto de habilidades ha sido estudiado y definido bajo diferentes

nombres a lo largo del tiempo: alfabetización numérica (CACE, 1959; Beazley, 1984; Murnane y Levy, 1996; National Numeracy, 2011); razonamiento cuantitativo (Thomson, 1993; National Numeracy Network, 2011); alfabetización cuantitativa (Steen, 2004); sentido numérico (Malofeeva, Day, Saco, Young y Ciancio, 2004; Armería, 2014) y competencia matemática (Luceño, 2010) entre otros, y aun cuando no existe una definición universalmente aceptada, la mayoría de las definiciones otorgan importancia a la aplicación práctica o funcional y al uso que se da a las matemáticas.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) apoyada por expertos en matemáticas, educación en matemáticas, evaluación, tecnología e investigadores de diversos países, ha desarrollado su propia definición sobre el conjunto de habilidades y conocimientos que un individuo debe poseer para considerarse matemáticamente alfabetizado. De acuerdo con dicho organismo, la alfabetización matemática de cada persona está en función de la habilidad que se tiene para formular, utilizar y comprender las matemáticas en distintos contextos. Incluye el razonamiento matemática y el uso de conceptos, procedimientos, información, así como herramientas matemáticas con las que se puede apoyar para explorar, describir, analizar e inferir fenómenos. Ayuda a las personas a interpretar el papel de las matemáticas en el mundo y a tomar decisiones bien fundadas, así como a reflexionar y concluir sobre estas (OCDE, 2016b). Dado su alcance y relevancia a nivel mundial, un importante número de trabajos de investigación tienen como referencia las definiciones y marcos conceptuales de la OCDE, adecuándolos a sus propios objetos de estudio, necesidades y recursos. Es por lo anterior, que el presente trabajo parte también de dicha definición.

1.2. Juegos serios con propósitos educativos

El juego en cualquiera de sus formas constituye una parte importante en el desarrollo cognitivo y social de los niños. A través del juego el niño practica operaciones cognitivas básicas como conservación, clasificación y reversibilidad (Piaget, 1951). Al jugar con otros el niño aprende, expandiendo su zona de desarrollo próximo mayor debido a la ejecución de actividades más complejas que aquellas que experimenta en su día a día (Vygotski, 1978).

Los juegos son una forma común de diversión. Todos los juegos tienen como característica un conjunto de reglas y procedimientos que deben ser comprendidos para participar. Por ejemplo, patear un balón puede ser divertido, pero solo es jugar con un juguete. Si se introducen reglas a esta actividad y asignamos una puntuación de manera que se contabilice la ventaja, esta actividad se convierte en un juego (Dörner, Göbel, Effelsberg y Wiemeyer, 2016). Recrearse con juegos es una actividad natural para los niños, por ello se considera a éstos como un excelente método para anclar aprendizaje mediante situaciones auténticas (Rosas, Nussbaum, Cumsille, Marianov, Correa y Flores, 2003).

Papert (1998) demostró que los niños que suelen utilizar videojuegos, suelen mejorar su forma de pensamiento y su aprendizaje. Mitgutsch (2011) explica que los videojuegos permiten al jugador un aprendizaje basado en la experiencia y lo sitúan en un proceso de transformación en donde exploran nuevas perspectivas y desarrollan nuevos conceptos que posteriormente conectan con situaciones de la vida real (Ver Figura 1), lo cual se puede revisar a través de distintos resultados de investigación (Cai, Miao, Tan, Shen y Li, 2010; Nieto Martínez, Heredia Escorza y Cannon Díaz, 2014). Pérez-

Manzano y Almela-Baeza, 2018) indican que los estudiantes que utilizan estas herramientas se sienten enganchados y motivados hacia sus contenidos.

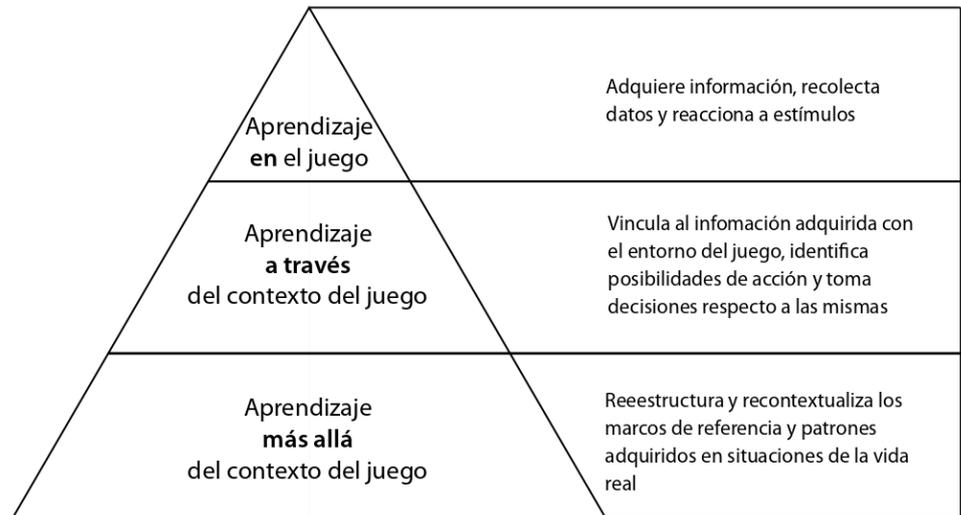


Figura 1. Proceso de transformación del aprendizaje (Basado en Mitgutsch, 2011)

Pese a que la mayoría de los videojuegos son diseñados con fines recreativos, existen también un tipo de videojuegos que tienen una naturaleza que va más allá de la diversión. Los juegos serios tienen como propósito primordial el cambio de conductas en los jugadores (Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey y Boyle, 2012). En su trabajo Garris, Ahlers y Driskell (2002) identifican el aprendizaje de habilidades (incluyendo habilidades técnicas y motoras), cambios cognitivos (incluyendo el conocimiento declarativo, procedimental y estratégico) y cambios afectivos (creencias y actitudes) como posibles resultados pretendidos por un juego serio.). Así, distintos autores han explicado las ventajas que este tipo de tecnologías traen consigo cuando se utiliza con un propósito educativo (Mortara et al., 2014; Arnab et al., 2015; Petri y Gresse von Wangenheim, 2017; Martínez-Soto, Egea-Vivancos y Arias-Ferrer, 2018).

2. Metodología

Dado que el objetivo de este trabajo es facilitar el desarrollo de habilidades para trabajar con números naturales, comprender las relaciones entre ellos y resolver operaciones matemáticas a los alumnos de tercer grado de primaria de la zona metropolitana de Guadalajara a través de un juego serio; se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo incrementar las habilidades de los estudiantes de tercer grado estudio para el manejo de números naturales, la comprensión de sus relaciones y resolución de operaciones matemáticas; de manera que mejoren su nivel de alfabetización cuantitativa?

Asimismo, se requiere confirmar la hipótesis donde se postula que los alumnos de tercer grado quienes utilicen el juego serio desarrollado durante un periodo de tiempo determinado, incrementarán sus habilidades para trabajar con números naturales, comprender las relaciones entre ellos y resolver operaciones matemáticas; mejorando con esto sus niveles de alfabetización cuantitativa y desempeño escolar en la asignatura de matemáticas. La presente investigación adquiere rigor científico

mediante un proceso sistemático, crítico, empírico (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Por este motivo, se exponen los aspectos elementales del método empleados en esta investigación (Tabla 1).

Tabla 1. Elementos involucrados en el método de investigación. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Descripción
Alcance	Cuasi experimento
Diseño	Concurrente experimental
Propósito	Describir cómo el juego serio ayuda a desarrollar habilidades a los estudiantes de tercer grado de primaria para trabajar con números naturales, comprender las relaciones entre ellos y resolver operaciones matemáticas. Cuantificar la relación entre juegos serios y el mejoramiento de la alfabetización cuantitativa
Población	Estudiantes de tercer grado de primarias públicas de la ZMG
Instrumentos	Instrumento para la medición de la alfabetización cuantitativa (IMAC)
Técnicas de recolección de datos	Protocolo de pensamiento en voz alta Aplicación del IMAC
Prototipos	Juego serio: comparaciones, sumas, restas, multiplicación y división
Variables	Alfabetización cuantitativa <ul style="list-style-type: none">– Habilidad para utilizar números naturales– Habilidad para utilizar números racionales– Habilidad para resolver operaciones matemáticas (suma, resta, multiplicación y división)

A través de estos elementos, se buscó validar la hipótesis de investigación postulada y probar que un juego serio puede contribuir en el desarrollo de habilidades para trabajar con números naturales, comprender relaciones numéricas y resolver operaciones matemáticas, lo que impacta de manera positiva en el nivel de alfabetización cuantitativa y desempeño en la asignatura de matemáticas de los alumnos de tercer grado de primaria. Este proyecto maneja un enfoque mixto.

2.1. Diseño de la investigación

Con el fin de abordar el problema de investigación abordado, la presente investigación se subdividió en las tres fases puntualizadas: Exploración, Integración y Aplicación. Para los fines de esta propuesta se atienden parte de la etapa de integración, así como la fase de aplicación (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de las etapas de investigación. Fuente: Elaboración propia.

Etapas	Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados
Integración	Diseñar y desarrollar un juego serio que facilite a los alumnos de tercer grado el desarrollo de habilidades pertenecientes al constructo alfabetización cuantitativa	Diseñar la instrucción Planificar los contenidos Desarrollar los contenidos Evaluar los contenidos	Diagnóstico sobre el nivel de alfabetización cuantitativa de los alumnos de tercer grado	Juego serio "Matemagia"
Aplicación	Cuantificar la variación en las habilidades pertenecientes al constructo alfabetización cuantitativa, producto de su interacción con el juego serio "matemagia"	Realizar cuasi-experimento Analizar resultados	Juego serio "Matemagia" Instrumento para la medición de la Alfabetización Cuantitativa (IMAC)	Diagnóstico sobre el nivel de alfabetización cuantitativa de los alumnos de tercer grado (posterior al cuasi-experimento) Confirmación de la hipótesis propuesta

La etapa de integración tiene como objetivo diseñar y desarrollar un juego serio que facilite a los alumnos de tercer grado el desarrollo de habilidades pertenecientes al constructo alfabetización cuantitativa. Entre las actividades a desarrollar se encuentran: diseñar la instrucción, planificar los contenidos, desarrollar los contenidos y evaluar el juego serio desarrollado. Mientras que para la etapa de aplicación el objetivo es cuantificar la variación en las habilidades pertenecientes al constructo alfabetización cuantitativa, producto de su interacción con el juego serio "matemagia". Las actividades a realizar son el cuasiexperimento y el análisis de resultados.

3. Diseño instruccional de juego serio

El diseño instruccional es un proceso que utiliza un conjunto integrado elementos y procedimientos que interactúan entre sí para desarrollar contenido educativo de forma consistente y confiable. Este abarca los procesos de análisis del aprendizaje, problemas de desempeño, diseño, desarrollo, implementación, evaluación y administración de procesos y recursos tanto instruccionales como no instruccionales para mejorar el aprendizaje y desempeño en una variedad de escenarios, particularmente en instituciones educativas y empresas (Reiser y Dempsey, 2012). El diseño instruccional es parte de la base fundamental del juego serio con propósito educativo, pues se utiliza para tomar decisiones que orienten su diseño y desarrollo, mediante una serie de actividades multimedia que faciliten este proceso al usuario (Mayer, 2002).

Para llevar a cabo el diseño instruccional se seleccionó el modelo sistémico propuesto por Dick, Carey y Carey (2005), ya que es uno de los más utilizados por los diseñadores instruccionales, debido a la simplicidad que representa el dividir todo el proceso en tareas individuales y a la posibilidad de usarlo para crear contenido destinado a diversos medios y niveles (Branch y Merrill, 2012).

3.1. Identificación de los objetivos instruccionales

Durante la evaluación realizada aplicando el Instrumento para la Medición de la Alfabetización Cuantitativa (IMAC), se encontró que 40.9% de los evaluados tiene bajo nivel en las habilidades pertenecientes al factor números racionales; 35.7% tienen bajo nivel en las habilidades que conforman el factor números naturales y 32.3% tienen bajo nivel en las habilidades correspondientes al factor operaciones matemáticas. La Tabla 3 detalla el porcentaje de preguntas que fueron respondidas de forma incorrecta para cada una de las habilidades que conforman los diferentes factores (subconstructos) evaluados por el instrumento.

Tabla 3. Porcentaje de respuestas incorrectas para las habilidades que conforman los diferentes factores del IMAC. Fuente: Elaboración propia.

Factor	Habilidad Evaluada	Incorrectas
Números naturales	Relaciones numéricas	31.4 %
	Series numéricas	41.2 %
	Valor posicional	34.6 %
Números racionales	Comparación de fracciones	40.7 %
	Equivalencias entre fracciones	41.1%
	Identificación de fracciones	37.4 %
	Solución de problemas	46.1 %
Operaciones matemáticas	Multiplicación y División	33.0 %
	Suma y Resta	31.0 %

Considerando el constructo desarrollado, la evaluación aplicada y los planes de estudio de la SEP (2011) se decidió que el objetivo del juego serio fuera desarrollar en el alumno habilidades para identificar relaciones numéricas y resolver operaciones matemáticas básicas, lo que favorece su adquisición de las competencias matemáticas establecidas por dicha institución para todos los niños en educación primaria.

3.2. Análisis instruccional

Meta instruccional

Posterior al uso del juego serio desarrollado durante un periodo de treinta horas en tres meses (Rosas et al., 2003) el alumno incrementará sus habilidades para: 1) Identificar relaciones de orden (mayor que, menor que, igual) entre dos o más números; 2) Realizar operaciones de adición y sustracción mediante algoritmos convencionales; 3) Realizar operaciones de multiplicación y división mediante algoritmos convencionales; 4) Resolver problemas que involucran el uso de la adición y/o sustracción; 5) Resolver problemas que involucran el uso de la multiplicación y/o

división; 6) Resolver problemas que involucran el uso de dos o más operaciones matemáticas para su resolución.

Secuencia instruccional propuesta

En el desarrollo de las habilidades propuestas por la meta instruccional se propone la secuencia presentada en la Figura 2. Esto con la intención de que el alumno adquiera primero aquellas habilidades que requieren un nivel cognitivo menor, progresando desde la realización de operaciones simples hasta la resolución de problemas complejos.

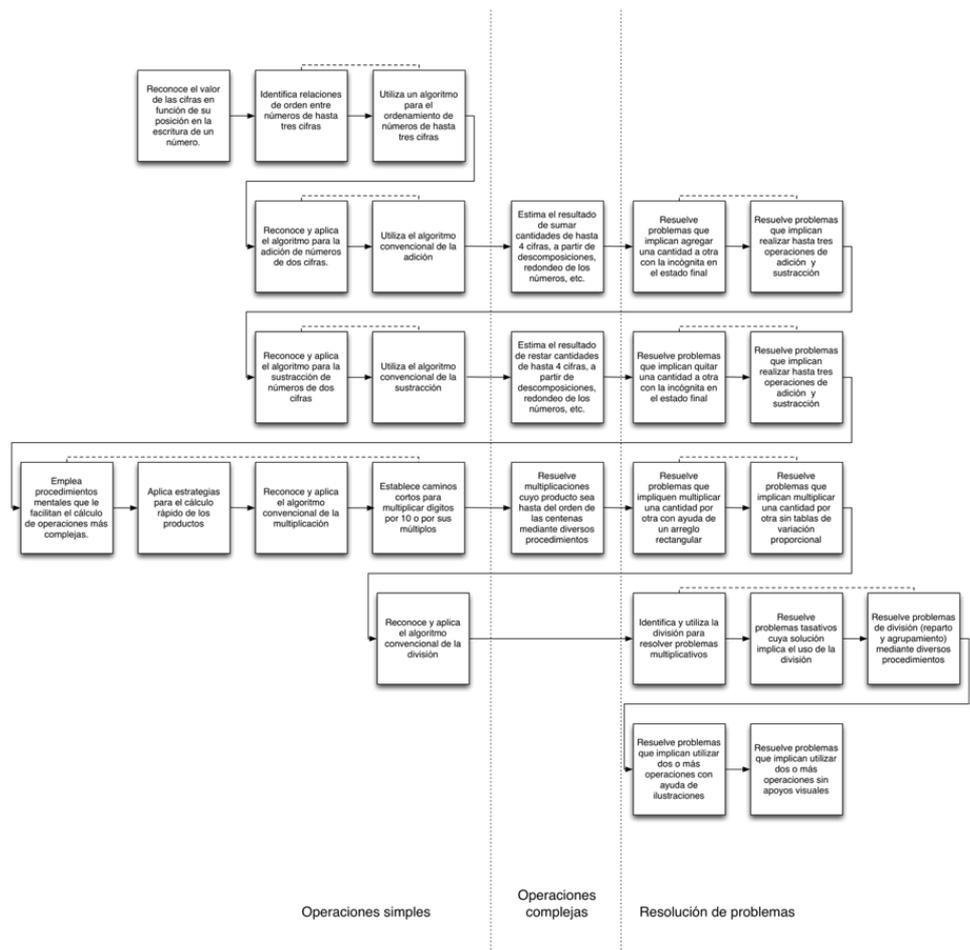


Figura 2. Secuencia propuesta para el desarrollo de habilidades

3.3. Análisis de los aprendices y su contexto

Comportamientos de entrada

En sus planes de estudio, la SEP (2011) establece que un estudiante que ha concluido el segundo grado de educación primaria un estudiante debería de ser capaz de realizar tareas relacionadas con números y sistemas de numeración, problemas aditivos, y problemas multiplicativos.

3.4. Objetivos de desempeño

En su plan de estudios, la SEP organiza el contenido matemático en tres ejes de contenido: 1) Sentido numérico y pensamiento algebraico; 2) Forma, Espacio y medida y 3) Manejo de la información. El juego serio se enfoca en habilidades pertenecientes al primer eje por considerarlas como básicas e indispensables para el estudio de los otros ejes (SEP, 2011; Armería y Hernández, 2012). Se considera que un alumno desarrolló las habilidades cuando es capaz de llevar a cabo de manera satisfactoria las tareas descritas en la Tabla 4.

Tabla 4. Tareas utilizadas para demostrar el desarrollo de habilidades. Fuente: Basado en la SEP (2011).

Subconstructo	Tareas Solicitadas
Números naturales	Identifica de la cantidad mayor dado un conjunto de números. Identifica de la cantidad menor dado un conjunto de números. Resuelve de problemas sencillos que involucran comparar los resultados de dos o más operaciones matemáticas.
Operaciones matemáticas (adición y sustracción)	Utiliza procedimientos mentales de resta de dígitos y múltiplos de 10 menos un dígito, etc., que le facilitan el cálculo de operaciones más complejas. Estima del resultado de sumar o restar cantidades de hasta cuatro cifras, a partir de descomposiciones, redondeo de los números, etc. Aplica algoritmos convencionales para la adición o sustracción de números de dos cifras. Resuelve problemas que implican efectuar hasta tres operaciones de adición y sustracción.
Operaciones matemáticas (multiplicación y división)	Utiliza estrategias para el cálculo rápido de los productos de dígitos necesarios al resolver problemas u operaciones. Utiliza caminos cortos para multiplicar dígitos por 10 o por sus múltiplos. Resuelve multiplicaciones cuyo producto sea hasta del orden de las centenas mediante diversos procedimientos. Resuelve problemas de división mediante diversos procedimientos, en particular el recurso de la multiplicación. Identifica y utiliza la división para resolver problemas multiplicativos. Reconoce la representación convencional de la división. Aplica algoritmos convencionales para la división entre un dígito. Utiliza el repertorio multiplicativo para resolver divisiones .

3.5. Desarrollo de instrumentos de evaluación

Se utilizó el IMAC, el cual evalúa los subconstructos números naturales, números racionales y operaciones matemáticas a través 36 reactivos que fueron calibrados y validados por medio de teoría de respuesta al reactivo y análisis factorial confirmatorio.

3.6. Desarrollo de la estrategia instruccional

Método de entrega

El método de entrega seleccionado para desarrollar las habilidades de los alumnos es un juego serio para dispositivos móviles (tabletas y celulares).

Secuenciación y agrupamiento del contenido

Para cumplir con el objetivo propuesto, el contenido fue secuenciado de manera similar a los planes de estudios presentados por la SEP y agrupado en cinco módulos (comparaciones, sumas, restas, multiplicaciones y divisiones) en donde el jugador debe resolver satisfactoriamente las operaciones presentadas para así avanzar a través de las tres etapas (dificultades) de cada uno de los módulos. Por ejemplo para el módulo de comparaciones se tiene que; a) Contenido: Las tareas presentadas en el módulo de comparaciones (Figura 3) corresponden al tema números y sistemas de numeración del eje sentido numérico y pensamiento algebraico (SEP, 2011); b) Mecánicas: el jugador debe resolver una serie comparaciones, presionando el botón que considere responde de manera apropiada; c) Evaluación: las respuestas correctas llenan la barra de progreso del jugador, las respuestas incorrectas le restan corazones. Al llenar toda la barra, el jugador avanza a la siguiente dificultad; si pierde todos sus corazones, debe reiniciar el nivel en curso; y d) Retroalimentación: las respuestas correctas tornan los globos de color verde y proporcionan retroalimentación auditiva, las respuestas incorrectas vuelven los globos de color rojo y proporcionan retroalimentación auditiva.

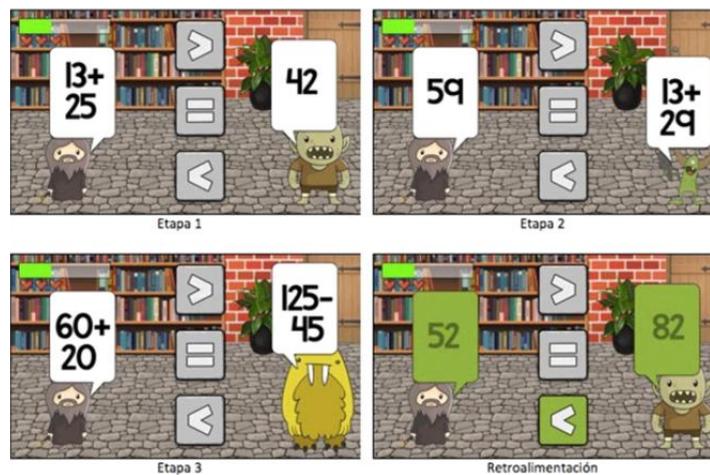


Figura 3. Módulo de comparaciones. Fuente: Elaboración propia.

Agrupamiento de los estudiantes

Se trabajó de manera alternada con grupos de doce estudiantes¹ en sesiones de 30 a 40 minutos al día. Para esto se contó con el apoyo de los profesores de la escuela primaria participante.

3.7. Evaluación formativa

El propósito de la evaluación formativa es localizar errores específicos en los materiales a fin de corregirlos. Para llevar a cabo la evaluación formativa se trabajó en tres etapas:

Primera etapa

Cada uno de los módulos probado de forma individual para detectar inconsistencias en las reglas que generan las operaciones matemáticas; errores en la codificación; fallos en la navegación; deficiencias en la interfaz de usuario y cualquier otra situación que pudiera afectar negativamente la experiencia del usuario.

Segunda Etapa

Se compiló una primer versión beta que fue revisada junto con los profesores voluntarios a fin de encontrar errores y posibles mejoras. Se corrigieron los errores encontrados y por sugerencia de los profesores se añadieron algunos elementos al juego a fin de mejorar la experiencia (por ejemplo, un tutorial al inicio del juego).

Tercera etapa

Se compiló una segunda versión beta y fue evaluada uno a uno con niños seleccionados mediante protocolo de pensamiento en voz alta. La información obtenida se utilizó para corregir los elementos que presentaron problemas a los niños; así mismo, se implementaron algunas de las funcionalidades surgidas como parte de esta dinámica, por ejemplo, el botón para quitar la música.

3.8. Evaluación sumativa

Tras la evaluación formativa, el juego fue puesto a disposición de dos grupos de tercer grado de una escuela primaria pública ubicada en el municipio de Guadalajara, en el Estado de Jalisco. Los resultados se pueden observar en el apartado cinco de este trabajo.

4. Diseño y desarrollo del juego serio

El juego serio utiliza los elementos de un videojuego (reglas, mecánicas, objetivos, retroalimentación, etc.) para propósitos serios tales como: desarrollo de habilidades, entrenamiento, educación, creación de conciencia, entre otros (Gee, 2003; Zyda, 2005; Michael y Chen, 2006; Khaled y Vasalou, 2014). Crear un juego serio implica llevar a cabo varios procesos multidisciplinarios que pueden variar en función de diversos factores lo que ha derivado en un gran número de aproximaciones al momento de crear este tipo de materiales. Para esta propuesta se utilizó el modelo de desarrollo iterativo que contempla cuatro etapas: planificación, desarrollo, evaluación y mejora.

En la planificación, se elaboró el concepto del juego, que de acuerdo con Fullerton (2014) siempre es diferente para cada desarrollo. Sin embargo, es importante considerar aspectos como la descripción del juego, el género al que pertenece, algunos de sus aspectos técnicos y reglas que lo rigen. Para el desarrollo, se crearon los diferentes elementos que forman parte del juego: 1) un prototipo de baja fidelidad que permite probar la factibilidad del concepto; 2) escenarios en donde ocurrirá el juego; 3) personajes que partirán con el jugador; 4) interfaces mediante las cuales el jugador interactuará con el juego; 5) la retroalimentación que se ofrecerá al jugador bajo diferentes circunstancias; 6) un prototipo de alta fidelidad mediante una herramienta de desarrollo que incorpora todos estos elementos.

5. Resultados

El diseño seleccionado para el cuasi-experimento es una variación del diseño de un solo grupo con pre test y pos test, en el cual se realiza una observación previa al tratamiento en un único grupo (O1), después este recibe el tratamiento (X) y posteriormente se realiza al mismo una nueva observación posterior al tratamiento (O2). Este diseño puede ser representado de la siguiente manera:

O1 x O2

Para compensar las deficiencias inherentes al diseño seleccionado y minimizar los factores que podrían afectar la validez interna se decidió utilizar uno de los subconstructos evaluados por el IMAC como control durante el cuasi-experimento, para lo cual, el subconstructo números racionales fue excluido del juego desarrollado y trabajado de forma convencional durante los dos meses que duró el tratamiento. Considerando lo anterior, el cuasi-experimento se condujo de la siguiente manera: 1) Se utilizó el IMAC para realizar una evaluación previa a las habilidades pertenecientes a los subconstructos números naturales (O_{NN1}), números racionales (O_{NR1}) y operaciones matemáticas (O_{OM1}); 2) se compararon los resultados de las tres evaluaciones previas al tratamiento (O_{NN1} , O_{NR1} y O_{OM1}) para asegurarse que no existieran diferencias significativas entre las mismas; 3) las habilidades pertenecientes a los subconstructos números naturales y operaciones matemáticas fueron trabajadas en clase con el apoyo del juego serio durante dos meses (X); 4) se utilizó el IMAC para realizar una evaluación posterior a las habilidades pertenecientes a los subconstructos números naturales (O_{NN2}), números racionales (O_{NR2}) y operaciones matemáticas (O_{OM2}); 4) se compararon los resultados de las tres evaluaciones posteriores al tratamiento (O_{NN2} , O_{NR2} y O_{OM2}) para identificar si existen diferencias significativas entre las mismas; 5) se compararon las evaluaciones previa y posterior de cada uno de los subconstructos (O_{NN1} vs. O_{NN2} ; O_{NR1} vs. O_{NR2} y O_{OM1} vs. O_{OM2}) para cuantificar las diferencias encontradas. El diseño modificado puede ser representado de la siguiente manera:

O_{NN1}	X	O_{NN2}
O_{NR1}		O_{NR2}
O_{OM1}	X	O_{NR2}

Para llevar a cabo el cuasi-experimento descrito, se contó con la participación de un grupo de 33 alumnos (18 niñas y 15 niños) de tercer grado del turno matutino, entre siete y nueve años, pertenecientes una escuela primaria pública del municipio de Guadalajara, Jalisco y matriculados a tercer grado para el ciclo escolar 2016-2017.

Evaluación previa

Antes de comenzar con el tratamiento, se utilizó IMAC para evaluar el nivel habilidad de los participantes en las habilidades pertenecientes a los subconstructos números naturales, números racionales y operaciones matemáticas. Se realizó el análisis estadístico mediante SPSS1 para cada uno de los subconstructos durante esta evaluación. En este experimento cada uno de los subconstructos evaluados es tratado como un grupo independiente, por lo que se verificó que no existan diferencias significativas entre los mismos. Utilizando la prueba de Kruskal-Wallis para comparar K

muestras independientes, se observa el valor-p obtenido durante la prueba de Kruskal-Wallis (.338) supera al valor α ($p > 0.05$), por lo que al no existir diferencia significativa entre los subconstructos evaluados se procedió al tratamiento.

Evaluación posterior

Se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar K muestras independientes. El valor-p obtenido durante la prueba (.029) no supera al valor α ($p < 0.05$), por lo que se concluye que existe una diferencia significativa.

5.1. Comparativo entre el antes y después para cada uno de los subconstructos

A fin de cuantificar las diferencias detectadas se realizó un comparativo entre las evaluaciones previa y posterior para cada uno de los subconstructos evaluados. Para el subconstructo números reales, el promedio de aciertos del subconstructo de números naturales pasó de 5.48 a 6.85, lo que representa un incremento del 11.4% (Ver Figura 4). A fin de determinar si el cambio entre las dos evaluaciones del subconstructo números naturales es estadísticamente significativo, se optó por utilizar la prueba no paramétrica de Wilcoxon para comparar dos muestras relacionadas. El valor-p obtenido durante la prueba de Wilcoxon (.044) no supera al valor α ($p < 0.05$), por lo que se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de las evaluaciones previa y posterior para el subconstructo números naturales, lo que sugiere una mejora en las habilidades

En cuanto al subconstructo números racionales, el promedio de aciertos pasó de 5.03 a 5.55, lo que representa un incremento del 4.3% (Ver Figura 4). A fin de determinar si el cambio entre las dos evaluaciones del subconstructo números racionales es estadísticamente significativo, se realizaron las pruebas de normalidad. Dado que ambas evaluaciones cumplen con el supuesto de normalidad para la prueba de Shapiro-Wilk, al tratarse de muestras relacionadas se optó por utilizar la prueba t para muestras pareadas. El valor-p obtenido durante la prueba t pareada (.450) supera al valor α , por lo que se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de las evaluaciones previa y posterior para el subconstructo números naturales, lo que sugiere que no hubo una mejora en las habilidades matemáticas pertenecientes al subconstructo números racionales (trabajadas en clase de manera tradicional, sin el apoyo del juego serio).

Finalmente, para el subconstructo operaciones matemáticas, el promedio de aciertos pasó de 6 a 7.70, lo que representa un incremento del 14.2% (Ver Figura 4). Ambas evaluaciones cumplen con el supuesto de normalidad ($p > 0.05$) para la prueba de Shapiro-Wilk, por lo que al tratarse de muestras relacionadas (mismo subconstructo antes y después de un tratamiento) se optó por utilizar la prueba t para muestras pareadas. El valor-p obtenido durante la prueba t pareada (.017) no supera al valor α ($p < 0.05$), por lo que se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de las evaluaciones previa y posterior para el subconstructo números naturales, lo que sugiere una mejora en las habilidades.

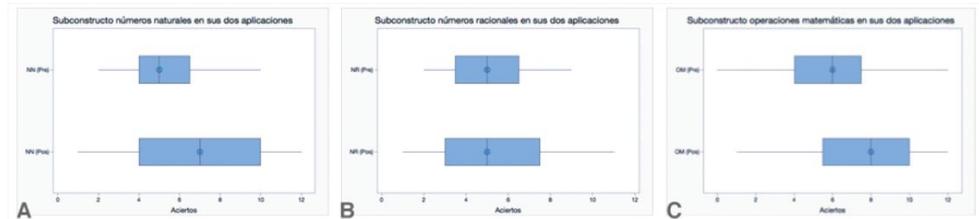


Figura 4. Módulo de comparaciones. Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

La alfabetización matemática se vuelve tan importante como saber leer y escribir, ya que permite mantenerse a la par de una sociedad en constante evolución. Por eso en este trabajo se decidió diseñar y desarrollar un juego que permita a los niños de tercer grado de primaria mejorar sus habilidades de alfabetización matemática.

Antes de comenzar con el desarrollo del juego serio, fue necesario responder una serie de preguntas importantes: ¿Cuáles son las habilidades y conocimientos que se busca desarrollar en los alumnos?, ¿Qué características tienen los alumnos y su entorno?, ¿Cómo se les entrega la instrucción?, ¿De qué son capaces una vez que esta termine?, entre otras; así, el diseño instruccional se encargó de responder a estas interrogantes, porque utiliza un conjunto integrado de elementos y procedimientos que interactúan entre sí para desarrollar contenido educativo de forma consistente y confiable.

Previo al diseño y desarrollo del juego serio se revisaron diversas metodologías y marcos de trabajo a fin de determinar las etapas y entregables para el desarrollo. Como resultado de esta actividad, se establecieron cuatro etapas a través de las cuales se generaron los diversos componentes del juego serio. La etapa referente al diseño de la instrucción sirvió para generar el concepto del juego y planificar sus contenidos y reglas; las etapas siguientes se utilizaron para enfocarse en el diseño, desarrollo y evaluación del juego serio con apoyo de los estudiantes y profesores; mientras que la última etapa busca mantener el funcionamiento del juego.

El juego serio desarrollado permitió poner a prueba la hipótesis propuesta mediante un cuasi experimento en donde se contó con la participación de un grupo de alumnos de tercer grado de una primaria pública del municipio de Guadalajara, en el Estado de Jalisco. Los resultados obtenidos demostraron de forma cuantitativa un incremento en las habilidades de los alumnos para trabajar con números naturales, comprender las relaciones entre ellos y resolver operaciones matemáticas, lo que permitió dar respuesta a la pregunta ¿Cómo incrementar las habilidades de los sujetos de estudio para el manejo de números naturales, la comprensión de sus relaciones y resolución de operaciones matemáticas; de manera que mejoren su nivel de alfabetización cuantitativa? y confirmar la hipótesis propuesta como parte de esta investigación al demostrar que el juego serio desarrollado es una herramienta útil para el desarrollo de las habilidades matemáticas secundarias pertenecientes al constructo alfabetización cuantitativa.

Es importante hacer notar que aunque en el subconstructo números racionales se tuvo una mejora, esta no fue significativa en comparación con el tratamiento

tradicional. Por ello, existe un área de oportunidad como trabajo a futuro al rediseñar nuevas estrategias para lograr un desarrollo significativo, y que puedan ser expuestas a través de nuevas actividades interactivas inmersas en el juego serio.

7. Referencias

- Adachi, P. J. C., & Willoughby, T. (2017). The Link Between Playing Video Games and Positive Youth Outcomes. *Child Development Perspectives*, 11(3), 202–206. <http://doi.org/10.1111/cdep.12232>
- Alvarez, J. A., Rampnoux, O., Jessel, J.-P., & Methel, G. (2007). Serious Game: just a question of posture? *Artificial and Ambient Intelligence, AISB*, 1, 420–423. <https://bit.ly/2y1uFnz>
- Armería, L. (2014). *Desarrollo del sentido numérico en tercer grado de primaria mediante juegos serios (Tesis Doctoral)*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Armería, L., & Hernández, S. (2012). Development of number sense in third grade of elementary school using serious game. *20th International Conference on Computers in Education* (págs. 423-426). Singapur: Asia-Pacific Society for Computers in Education. <https://bit.ly/2OqsZ1d>
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., de Freitas, S., Louchart, S., ... De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 391–411. <http://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Beazley, K. (1984). Education in Western Australia: Report of the Committee of Inquiry into Education in Western Australia. *Education Department of Western Australia*. <https://bit.ly/2QjVSt9>
- Branch, R., & Merrill, M. (2012). Characteristics of Instructional Design Models. En R. Reiser, & J. Dempsey (Edits.), *Trends and issues in instructional design and technology*. (I. United States: Pearson Education, Trad.). Boston, Massachusetts, Estados Unidos de América: Pearson Education.
- CACE. (1959). *The Crowther Report*. Central Advisory Council for Education. England: Her majesty's stationery office. Recuperado a partir de <https://bit.ly/2DIdTA6>
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661–686. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>
- Cai, Y., Miao, C., Tan, A., Shen, Z., & Li, B. (2010). Creating an Immersive Game World with Evolutionary Fuzzy Cognitive Maps. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2), 58–70. <http://doi.org/10.1109/MCG.2009.80>
- Dashtestani, R., & Stojković, N. (2015). The Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes the Use of Technology in English for Specific Purposes (Esp) Instruction: a Literature Review. *The Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes*, 36953(3159), 5–52. <https://bit.ly/2xMHcvl>
- Dick, W., Carey, L., & Carey, L. (2005). *The systematic design of instruction (6th ed.)*. New York, New York, Estados Unidos de América: Harper Collins Publishers.
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., & Wiemeyer, J. (Eds.). (2016). *Serious Games*. Cham: Springer International Publishing. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1>
- Fullerton, T. (2014). *Game Design Workshop. A Playcentric Approach to Creating Innovative Games (3ª Edición. ed.)*. Boca Raton, FL, Estados Unidos: Taylor & Francis Group, LLC.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441–467. <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Gee, J. (2003). *What videogames have to teach us about learning and literacy*. New York, USA: Palgrave Macmillan.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª Edición ed.). México, D.F., México: Mc. Graw Hill Educación.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2015). *Panorama Educativo de México 2014. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación básica y media superior*. México: INEE.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2016). *México en PISA 2015*. México: INEE.
- Khaled, R., & Vasalou, A. (2014). Bridging serious games and participatory design. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2(2), 93–100. <http://doi.org/10.1016/j.ijcci.2014.03.001>
- Malofeeva, E., Day, J., Saco, X., Young, L., & Ciancio, D. (2004). Construction and Evaluation of a Number Sense Test With Head Start Children. *Journal of Educational Psychology*, 96(4), 648–659. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.648>
- Martínez-Soto, J. M., Egea-Vivancos, A., & Arias-Ferrer, L. (2018). Evaluación de un videojuego educativo de contenido histórico. La opinión de los estudiantes. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 17(1), 61–75. <https://doi.org/10.1145/1836845.1836974>
- Mayer, R. E. (2002). Cognitive Theory and the Design of Multimedia Instruction: An Example of the Two-Way Street Between Cognition and Instruction. *New Directions for Teaching and Learning*, 2002(89), 55–71. <http://doi.org/10.1002/tl.47>
- Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious Games: Games that Educate, Train and Inform*. BOSTON, MA, USA: Thompson Course Technology PTR.
- Mitgutsch, K. (2011). Serious Learning in Serious Games. Learning In, Through, and Beyond Serious Games. En M. Ma, A. Oikonomou, & L. Jain (Edits.), *Serious Games and Edutainment Applications* (págs. 45–58). London, England: Springer-Verlag London.
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 318–325. <http://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.004>
- Murnane, R., & Levy, F. (1996). *Teaching the new basic skills: Principles for educating children to thrive in a changing economy*. New York, NY, USA: Free Press.
- National Numeracy Network. (2011). *What is numeracy/QL/QR?* Recuperado a partir de <https://bit.ly/2QhRjj2>
- Nieto Martínez, S., Heredia Escorza, Y., & Cannon Díaz, B. (2014). Xbox360Kinect: herramienta tecnológica aplicada para el desarrollo de habilidades matemáticas básicas, en alumnos de segundo grado de Educación Básica en México. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 13(2), 103–117. <https://doi.org/10.17398/1695>
- Luceño, J. (2010). *La competencia matemática y la incidencia en su enseñanza aprendizaje*. Andalucía, España: Junta de Andalucía, Consejería de educación.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2016a). *PISA 2015 Results in focus*. Paris: OECD Publishing.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2016b). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Papert, S. (1988). Does easy do it? Children, games, and learning. *Game Developer Magazine*, Junio, 82–83. Recuperado a partir de https://ia803007.us.archive.org/5/items/GDM_June_1998/GDM_June_1998.pdf
- Pérez-Manzano, A., & Almela-Baeza, J. (2018). Gamification and transmedia for scientific promotion and for encouraging scientific careers in adolescents. *Comunicar*, 26(55). <http://doi.org/10.3916/C55-2018-09>
- Petri, G., & Gresse von Wangenheim, C. (2017). How games for computing education are evaluated? A systematic literature review. *Computers & Education*, 107, 68–90. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.004>
- Piaget, J. (1951). *Play, dreams and imitation in childhood*. New York: W. W. Norton & Company.
- Reiser, R., & Dempsey, J. (Edits.). (2012). *Trends and issues in instructional design and*

- technology*. Boston, Massachusetts, Estados Unidos de América: Pearson Education. Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., ... Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*, 40(1), 71–94. [http://doi.org/10.1016/S0360-1315\(02\)00099-4](http://doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00099-4)
- SEP (2011). *Planes de estudios 2011. Educación Básica*. Secretaría de Educación Pública. México: Secretaría de Educación Pública.
- Steen, L. (2004). *Achieving Quantitative Literacy: An Urgent Challenge for Higher Education*. Washington, D.C., Estados Unidos de América: Mathematical Association of America.
- Vygotski, L. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Massachusetts: Harvard University Press.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25–32. <http://doi.org/10.1109/MC.2005.297>

