

Ensinando ciências com jogos digitais: conservação da massa - balanceando equações com SudoQuim

Teaching science with digital games: conservation of mass - balancing equations with SudoQuim

Enseñar ciencias con juegos digitales: conservación de la masa-balanceo de ecuaciones con SudoQuim

Paola Otero*, María Paz Gazzola**, Viviana Carolina Llanos***, María Rita Otero****

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma investigação sobre o uso de jogos digitais no ensino de ciências. Especificamente, descreve e analisa a implementação do jogo SudoQuim em aulas de físico-química no nível universitário, para o estudo do balanceamento de equações químicas. O estudo é de natureza exploratória e a aula foi desenvolvida em três etapas: (1) pré-teste, (2) atividades integradas ao jogo e (3) pós-teste.

Os resultados mostram que os alunos utilizaram o recurso sem dificuldades, avaliaram positivamente a experiência e destacaram sua utilidade para a prática de estequiometria de forma envolvente. Do ponto de vista pedagógico, o SudoQuim permitiu a identificação de dificuldades conceituais e abriu possibilidades para futuras decisões didáticas. Conclui-se que os jogos digitais promovem a motivação e a compreensão conceitual, constituindo ferramentas inovadoras para o ensino de ciências.

Palavras-chave: DGBL, estequiometria, jogos sérios, ensino de físico-química.

Abstract

This paper reports the results of an investigation into the use of digital games in science education. Specifically, it describes and analyzes the implementation of the game SudoQuim in physical chemistry classes at the university

* Química – Bioquímica (UNS). Doutoranda em Ensino de Ciências. Núcleo de Investigación Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT) UNICEN, Tandil, Bs. As., Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4496-6454>.

E-mail: potero@fch.unicen.edu.ar.

** Doutora em Ensino de Ciências, com ênfase em matemática. Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), UNICEN, Tandil, Bs. As, Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6115-0817>.

E-mail: mpgazzola@niecyt.unicen.edu.ar.

*** Doutora em Ensino de Ciências, com ênfase em matemática. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), UNICEN, Tandil, Bs. As, Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0433-2654>.

E-mail: vcllanos@exa.unicen.edu.ar.

**** Phd em Ensino de Ciências. Núcleo de Investigación em Enseñanza de las Ciencias y la tecnología (NIECyT). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (CONICET). Tandil, Bs. As, Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1682-9142>.

E-mail: rotero@niecyt.exa.unicen.edu.ar.

level, for the study of balancing chemical equations. The study is exploratory in nature, and the class was developed in three stages: (1) pre-test, (2) activities integrated with the game, and (3) post-test.

The results show that the students used the resource without difficulty, positively valued the experience, and highlighted its usefulness for practicing stoichiometry in an engaging way. From a pedagogical perspective, SudoQuim allowed for the identification of conceptual difficulties and opened up possibilities for future teaching decisions. It is concluded that digital games promote motivation and conceptual understanding, constituting innovative tools for science education.

Keywords: DGBL, stoichiometry, serious games, physical chemistry teaching.

Resumen

En este trabajo reporta resultados de una investigación relativa al uso de juegos digitales en la enseñanza de la ciencias. Particularmente se describe y analiza la implementación del juego SudoQuim en clases de fisicoquímica en la universidad, para el estudio del balanceo de ecuaciones químicas. El estudio es de carácter exploratorio y el desarrollo de la clase se realizó en tres etapas: (1) pretest, (2) actividades integradas con el juego y (3) postest.

Los resultados muestran que los estudiantes utilizaron el recurso sin dificultades, valoraron positivamente la experiencia y destacaron su utilidad para practicar la estequiometría de manera entretenida. Desde una perspectiva pedagógica, SudoQuim permitió identificar dificultades conceptuales y abrió posibilidades para futuras decisiones didácticas. Se concluye que los juegos digitales favorecen la motivación y la comprensión conceptual, constituyendo herramientas innovadoras para la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: DGBL, estequiometría, juegos serios, enseñanza de la fisicoquímica.

Introducción

Los recursos didácticos constituyen herramientas fundamentales para la enseñanza (Adler, 2000). Tradicionalmente, los profesores han recurrido a la pizarra y los libros de texto como recursos privilegiados, y han sustituido en gran parte estos últimos por algunos recursos tecnológicos como presentaciones digitales, y todos continúan ocupando un lugar relevante en las prácticas profesionales. No obstante, los procesos de transformación tecnológica y cultural contemporáneos han ampliado el repertorio de recursos disponibles, incorporando los llamados Recursos Educativos Digitales (RED) que permiten diversificar las estrategias de enseñanza y promover formas más interactivas de aprendizaje. Entre estos recursos digitales, se pueden distinguir aquellos basados en juegos, y que tienen una presencia creciente en el ámbito educativo a nivel internacional, debido a su capacidad para integrar dinámicas lúdicas con objetivos pedagógicos, favoreciendo la participación activa de los estudiantes, la resolución de problemas y la exploración de contenidos en contextos simulados (Gee, 2007; Erhel, 2013, Dayany Barros; et al. 2024, Galvão; et al. 2026). En particular, en la enseñanza de la fisicoquímica, los juegos digitales y los juegos serios (Abt, 1970) constituyen recursos fundamentales para favorecer la representación dinámica y la comprensión de fenómenos microscópicos y abstractos que son parte de la disciplina, tales como los modelos moleculares,

las interacciones entre partículas, o las relaciones estequiométricas. De este modo, estos recursos contribuyen a favorecer procesos de visualización, experimentación y modelización que resultan difíciles de abordar únicamente mediante explicaciones expositivas o representaciones estáticas.

En este sentido, el enfoque de Digital Game Based Learning (DGBL), formulado por Prensky (2001, 2016) y desarrollado por Gee (2003, 2007, 2021), destaca el potencial de los juegos para crear experiencias de aprendizaje significativas, motivadoras y colaborativas. Desde esta perspectiva, los juegos no se conciben únicamente como herramientas de entretenimiento, sino como entornos interactivos que promueven la resolución de problemas, la exploración y la toma de decisiones, favoreciendo procesos de aprendizaje activo. En el ámbito de las ciencias naturales, investigaciones recientes (Gutiérrez-González et al., 2023) evidencian que los juegos diseñados con propósitos educativos permiten a los estudiantes apropiarse de los contenidos de manera activa y creativa, reforzando tanto la motivación como la interacción entre pares. En el caso particular de la fisicoquímica, estas características resultan especialmente relevantes, ya que posibilitan la construcción progresiva de modelos explicativos y el establecimiento de relaciones entre diferentes niveles de representación de los fenómenos químicos.

Si bien diversos estudios han analizado el potencial de los juegos digitales para la enseñanza de las ciencias, son escasas las investigaciones que examinan de manera específica cómo estos recursos pueden integrarse en la enseñanza durante los primeros años universitarios. Este trabajo se propone analizar el diseño y la implementación de una secuencia didáctica de orientación constructivista que integra el juego digital SudoQuim (Silva et al., 2022) para la enseñanza de la estequiometría a estudiantes de primer año de la universidad. Esta orientación se concreta en actividades que promueven la recuperación de conocimientos previos, la formulación y revisión de estrategias, la interpretación de la retroalimentación proporcionada por el juego y la discusión de los procedimientos desarrollados. Se analiza la propuesta didáctica elaborada y su puesta en aula, atendiendo a las posibilidades que ofrece la integración del juego en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la fisicoquímica.

Acerca del uso de juegos en la enseñanza

El juego y las actividades lúdicas forman parte de la cotidianidad de las personas, cumplen un papel fundamental en los primeros años de nuestras vidas y continúan en la edad adulta, aunque de un modo diferente.

El Game Based Learning (GBL) hace referencia a la utilización de juegos para la enseñanza e implica el logro de determinados objetivos de aprendizaje a la vez que se ofrecen desafíos y resolución de problemas sobre alguna temática a los estudiantes en tanto usuarios (Qian; Clark, 2016, Banihashem et al., 2024). Así, el fin de estos juegos es educativo, diseñándose expreso, con fines didácticos determinados (Krath et al., 2021).

El GBL representa una perspectiva innovadora que propone a los estudiantes una experiencia para aprender de manera atractiva e inmersiva pues permite incorporar elementos interactivos y crear entornos simulados, para que los estudiantes experimenten situaciones realistas (Katual et al, 2023). Existe cierto consenso en que el GBL puede aumentar la participación de los estudiantes y la motivación en el aprendizaje (Krath et al., 2021; Delgado et al., 2023; Camacho-Sánchez et al., 2024; Subroto et al., 2024; Marquez et al., 2025). Sin embargo, también hay resultados contradictorios acerca de que los juegos resulten motivadores para el aprendizaje (Hanus; Fox, 2015; Krath et al., 2021), debido a que las insignias y puntos pueden derivar en dependencia o aprendizaje superficial si se perciben como control externo (Prieto-Andreu; et al., 2022; Mendoza-Vega, 2025). En este sentido, se recomienda que los sistemas de recompensa se diseñen como reconocimiento del progreso y se integren con experiencias significativas de aprendizaje, evitando que los estudiantes centren su atención únicamente en la obtención de premios (Huamaní Quispe; Vega Vilca, 2023).

Con el avance de las tecnologías digitales el concepto de GBL evoluciona e incorpora el componente digital: Digital Game Based Learning (DGBL) (Prensky, 2001). Los videojuegos se proponen como herramientas poderosas de aprendizaje que promueven el desarrollo cognitivo, la resolución de problemas y la formación de la identidad a través de experiencias atractivas, bien diseñadas e interactivas (Gee, 2003). Asimismo, posibilitan el denominado “fracaso elegante”; esto significa que cuando el diseño y la puesta en práctica se realizan de forma correcta se puede perder de manera segura y significativa (Gee, 2005), pues el juego permite a los estudiantes fallar y en ese fracaso aumenta la motivación para seguir intentando (McGonigal, 2011).

Por otra parte, los juegos influyen en la motivación hacia una tarea determinada. La motivación intrínseca en los juegos surge del placer y la satisfacción personal de jugar, mientras que la extrínseca depende de recompensas externas como puntos, premios o reconocimiento. Ambas se combinan para mantener el interés y la participación de los jugadores (Deterding et al, 2011; Nadeem, et al.,2023).

Cuando se hace referencia al GBL o al DGBL se está incluyendo a los juegos, y esta idea surgió en 1970 cuando Clarck Abt propone el concepto de Juegos serios o Serious Games para referirse a juegos con intencionalidad educativa explícita y planificada cuidadosamente (Abt, 1970). Es decir, son juegos diseñados con un propósito distinto al mero entretenimiento que pueden usarse en diversos contextos de formación (empresarial, salud, etc) y no necesariamente vinculados a un contexto educativo formal o centrados en procesos pedagógicos explícitos o a un currículo (Marcano, 2008, Lobo; del Sur, 2014).

En particular, la enseñanza de la estequiometría presenta dificultades que no se reducen al dominio de procedimientos de cálculo. Distintas investigaciones han mostrado que los estudiantes pueden resolver algoritmos estequiométricos sin comprender adecuadamente las relaciones químicas que representan las ecuaciones balanceadas, así como presentar dificultades para interpretar el concepto de mol, las relaciones entre cantidades de sustancias y el significado de los coeficientes estequiométricos (Huddle; Pillay, 1996; Sanger, 2005). Entre los errores documentados se encuentran especialmente la confusión entre coeficientes y subíndices, las dificultades para establecer las proporciones entre reactivos y productos y una comprensión insuficiente de la conservación de la materia involucrada en el balanceo de ecuaciones químicas (Sanger, 2005). Estas dificultades ponen de manifiesto la necesidad de propuestas de enseñanza que no se limiten a la aplicación mecánica de reglas o algoritmos, sino que favorezcan la construcción de relaciones entre las representaciones simbólicas de las ecuaciones y los procesos químicos que estas representan.

Desde esta perspectiva, la secuencia desarrollada en este trabajo adopta una orientación constructivista en tanto organiza situaciones en las que los estudiantes deben movilizar sus conocimientos previos, formular y poner a prueba estrategias, analizar los resultados de sus acciones y revisar sus procedimientos a partir de la retroalimentación proporcionada por el juego y de las instancias de discusión previstas en la propuesta. El aprendizaje no se plantea, por tanto, como la recepción de un procedimiento previamente

explicado para balancear ecuaciones, sino como un proceso de elaboración progresiva en el que la interacción con el problema, con el recurso digital y con otros estudiantes permite confrontar y reorganizar las propias ideas.

En este marco, y como parte de un proyecto de colaboración entre investigadores del NIECyT-UNICEN y el V-Lab-UFPE, responsables del desarrollo de más de 50 recursos educativos digitales para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática y las ciencias, se seleccionó el RED SudoQuim para abordar el estudio de la estequiometría, particularmente el balanceo de ecuaciones químicas. Este contenido constituye un conocimiento previo necesario para la realización de cálculos estequiométricos y para la comprensión de principios y procesos relevantes para la química y la fisicoquímica, entre ellos la conservación de la materia. La propuesta busca, así, articular las posibilidades interactivas del juego digital con una secuencia de actividades orientada a favorecer la construcción y revisión de las relaciones implicadas en el balanceo de ecuaciones químicas.

Metodología

El estudio se desarrolla en el marco de una investigación exploratoria, sustentada en un enfoque cualitativo y descriptivo (Hernández Sampieri et al., 2014), cuyo objetivo es examinar la incorporación de recursos educativos digitales en la enseñanza de las ciencias en la universidad. Particularmente aquí se presentan los resultados del desarrollo y puesta en aula de una secuencia de clase constructivista que incorpora un juego digital para enseñar fisicoquímica. El interés del estudio se centra en describir el funcionamiento de la secuencia, las respuestas de los estudiantes durante su desarrollo y las variaciones observadas en sus producciones antes y después de la intervención.

La secuencia intenta promover la participación activa, la utilización de conocimientos previos, la revisión de estrategias y la discusión colectiva. El juego se integró con tareas escritas, resolución de problemas, intervenciones docentes y momentos de institucionalización, por lo que se analiza como parte de la secuencia en su conjunto y no como una intervención aislada.

Se utilizó el juego SudoQuim (Silva et al., 2022 a, 2022 b) cuyo objetivo es realizar el balanceo de ecuaciones químicas. Se diseñó una secuencia de clase compuesta por tres tareas

que incluían el juego y problemas que permiten recuperar los contenidos de estequiometría y avanzar sobre este tema integrado a soluciones.

La implementación se llevó a cabo en la materia Química I correspondiente a carrera Licenciatura en Diagnóstico y Gestión ambiental (LDyGA) de la Facultad de Ciencias Humanas (FCH) de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), con un total 21 estudiantes. La participación de los estudiantes fue voluntaria y se garantizó el anonimato de los datos recolectados, respetando los principios éticos de la investigación educativa. Además, participaron de la implementación dos integrantes del equipo de investigación que realizaron observación participante y no participante. Uno de los integrantes también es profesor de la asignatura.

Estudio se llevó a cabo durante una sesión de clase de tres horas de duración. Las clases de Química I son de tipo teórico-prácticas. El tema abordado durante la implementación fue Estequiometría con soluciones, que se dicta a continuación de las unidades temáticas correspondientes a Estequiometría y a Soluciones.

Por otro lado, se diseñó un instrumento del tipo cuestionario que se utilizó como pre y post test para indagar acerca de los conocimientos de los estudiantes antes y después del estudio. Este tipo de diseño resulta adecuado para identificar variaciones en los conocimientos de los estudiantes y ha sido ampliamente utilizado en investigaciones educativas orientadas al análisis de procesos de enseñanza y aprendizaje. La clase se organizó en tres etapas: 1.- aplicación del pretest, 2.- desarrollo de las tareas y 3.- aplicación del postest.

Los cuestionarios se elaboraron en formato digital y los estudiantes los respondieron de manera individual y on line. Todas las respuestas se registraron en una planilla de cálculo generada de manera automática por el propio formulario. Además, se registraron todos los protocolos escritos que los estudiantes generaron durante la clase al resolver las tareas propuestas y los profesores tomaron notas de campo durante y luego del encuentro.

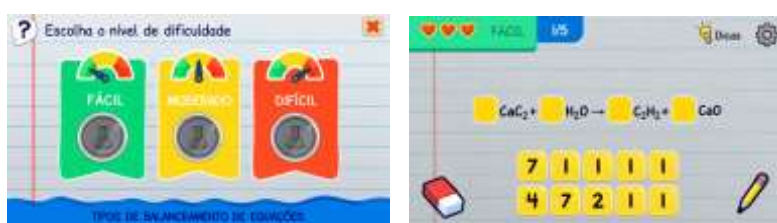
La secuencia se evalúa en función de los resultados del pre y post test, que se describen y analizan considerando la frecuencia de las respuestas y su contenido conceptual. Asimismo, se realizó un análisis cualitativo orientado a identificar patrones recurrentes en las respuestas de los estudiantes, así como posibles avances en la comprensión de los contenidos abordados.

SudoQuim

SudoQuim es un RED en formato de juego, diseñado para que el usuario realice el balanceo de ecuaciones químicas por el método de tanteo. Es de libre acceso, se puede descargar y jugar en cualquier dispositivo (teléfono celular, tablet, computadora). Presenta tres niveles de dificultad: fácil, moderada y difícil (Figura 1 izquierda). Por cada nivel, existen 15 ecuaciones para balancear que aparecen de forma aleatoria.

El juego proporciona una serie de números situados en un panel en la parte inferior de la pantalla, para elegir y colocar como coeficientes delante de cada compuesto o elemento químico a balancear (Figura 1 derecha).

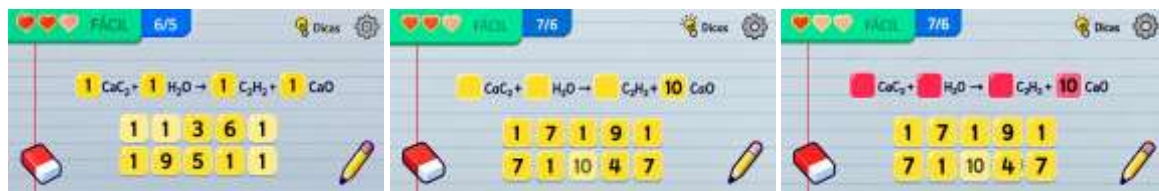
Figura 1–Niveles de dificultad de SudoQuim (izquierda). Panel de coeficientes elegibles (derecha).



Fuente: Juego digital (2021).

Una vez que el jugador considera que ha logrado equilibrar la reacción propuesta enviará el resultado haciendo uso de un lápiz que hace las veces de “enter” y obtendrá una devolución. Si el resultado es correcto, automáticamente el juego mostrará la siguiente ecuación a ajustar, pero si el resultado es incorrecto aparecerán los coeficientes incorrectos en fondo rojo y en fondo verde los que fuesen correctos. El usuario también posee tres chances de error o “vidas” representadas por corazones de color rojo que se consumirán a medida que se erra en el balanceo (Figura 2).

Figura 2–Balanceo correcto de una ecuación (izquierda). Balanceo incorrecto (centro). Retroalimentación de error en rojo (derecha).



Fuente: Juego digital (2021).

El juego también otorga medallas de bronce, plata, oro y platino que premian el desempeño del jugador al responder con determinadas chances de error. Además, el recurso

propone una sección en forma de consejos (dicas) para equilibrar las ecuaciones, que consta de la tabla periódica y de una serie de pasos con el ordenamiento adecuado para realizar el balanceo (Figura 3).

Figura 3–Dicas: pasos de balanceo y tabla periódica.



Fuente: Juego digital (2021).

Secuencia de clase: tareas propuestas

La tarea 1 consiste en descargar y jugar el juego, con el objetivo de que los estudiantes realicen el balanceo de ecuaciones sencillas al mismo tiempo que se familiarizan con el uso del recurso y registran las estrategias que han utilizado para superar el nivel.

Tarea 1

Descargar el juego Sudoquim y jugar los primeros cinco desafíos del nivel fácil.



Registrar en cada desafío las ecuaciones químicas propuestas, las ecuaciones balanceadas y todos los cálculos y procedimientos realizados para pasar el nivel. Anotar en cada caso, las vidas utilizadas para ganar el desafío.

La tarea 2 tiene por objetivo resolver dos problemas, uno propuesto por el profesor con el fin de recuperar los conceptos estudiados en la clase de estequiometría y otro extraído de la guía de actividades de la asignatura, correspondientes al tema Estequiometría con soluciones, que requieren del balanceo de ecuaciones como paso previo a su resolución.

Tarea 2

1. Identificar el Reactivo Limitante si se hacen reaccionar 140 g de H_2SO_4 y 140 g de NaOH.
 2. Calcular los gramos de ácido nítrico que se deberán emplear para neutralizar 50 ml de una solución 3 M de NaOH.
-

La tarea 3 tiene por objetivo volver al juego para realizar el balanceo de ecuaciones químicas más complejas teniendo en cuenta que, durante el desarrollo de la clase y la ejecución del juego, se ha tenido que recurrir al balanceo en diferentes situaciones. También se solicita a los estudiantes que generen una posible la estrategia ganadora para valorar el recorrido que han realizado.

Tarea 3

Jugar un desafío del nivel medio y el nivel difícil y escribir una posible estrategia ganadora.

Pre y post test

El cuestionario diseñado contiene nueve preguntas del tipo opción múltiple (Anexo 1).

Las cuestiones 1,3,4 y 6 se refieren a temas generales acerca de las ecuaciones químicas, como por ejemplo la utilidad del balanceo, la ley implicada y el significado de la notación, mientras que las cuestiones 2,5,7, 8 y 9 se refieren a la dinámica del balanceo en sí, tales como el conteo de átomos o el orden en que conviene realizar el balanceo por tanteo.

El cuestionario Post Test es el mismo hasta la pregunta número nueve. No obstante, se ha agregado una pregunta número diez que busca indagar las opiniones de los estudiantes acerca de la utilidad del juego para realizar el balanceo de las reacciones químicas.

Resultados

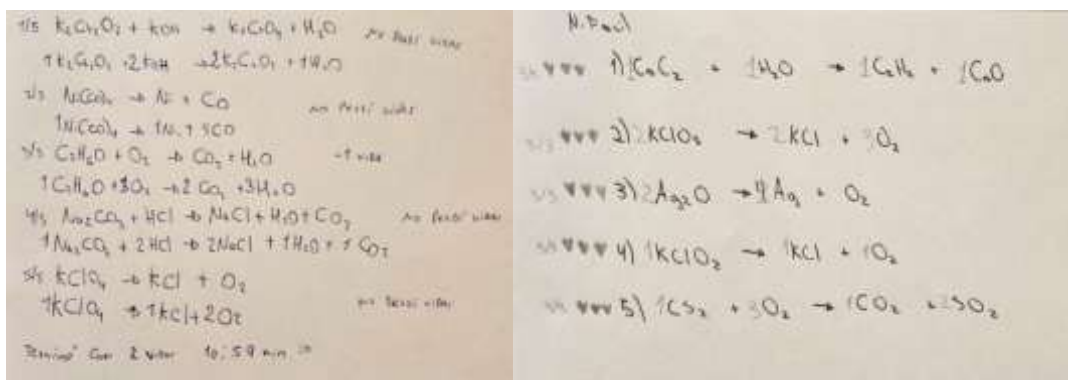
Desarrollo de las tareas durante la clase

Los estudiantes no tuvieron inconvenientes para descargar el juego y comenzar a jugar. A medida que ellos van pasando por los desafíos del nivel fácil, responden la consigna correspondiente y completan la tarea 1 en la hoja proporcionada.

El estudiante E05 decidió identificar el desafío, copiar la ecuación sin ajustar y luego la ecuación ajustada debajo de la anterior. Escribió “No perdí vidas” cuando lograba ajustar de forma exitosa al primer intento, pero cuando se equivocó al balancear escribió “-1 vida”, refiriéndose que había tenido un intento fallido. Anotó que finalizó el nivel con dos vidas y el tiempo que le tomó completar los cinco desafíos (Figura 4 izquierda).

El estudiante E06 anotó que jugaba nivel fácil, numeró las ecuaciones correspondientes a cada desafío, copió las ecuaciones ajustadas y al lado de cada ecuación dibujó las vidas como corazones al lado de cada ecuación (Figura 4 derecha).

Figura 4– fragmento de protocolo del estudiante E05 (izquierda) y del estudiante E06 (derecha).



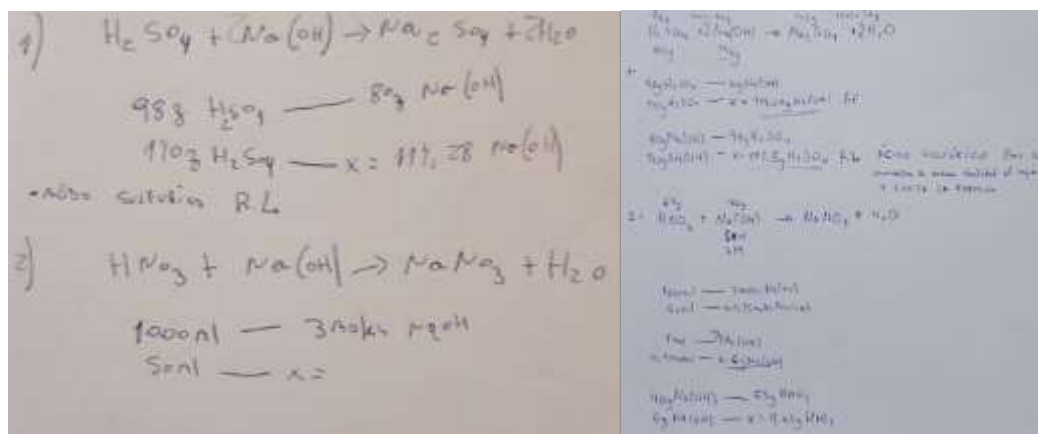
Fuente: Datos de la investigación (2025).

Una vez que los estudiantes terminan de realizar el nivel fácil y completan la tarea 1 se discute sobre los conceptos de reactivo limitante y de reactivo en exceso, que son conceptos clave para la resolución de problemas de estequiometría con soluciones y para realizar la tarea 2. La clase en conjunto realizó las ecuaciones de neutralización en la pizarra y tal como hicieron con las ecuaciones del juego se procedió con su ajuste para poder resolver los problemas.

Para efectuar la tarea 2, el estudiante E02 escribe en tinta la reacción correspondiente a la consigna 2.1 y en lápiz negro el ajuste. Debajo de la ecuación anota el cálculo realizado, una regla de tres simple, para identificar el reactivo limitante y anota Ácido sulfúrico R.L. El mismo estudiante registra la reacción química correspondiente a la tarea 2.1 y plantea debajo de esta el cálculo que le permite hallar la cantidad de moles de hidróxido de sodio presentes en el volumen de 50 mL, pero lo deja expresado es decir sin hallar el resultado o valor de x. La resolución llega hasta ahí y queda incompleta (Figura 5 izquierda).

Con las ecuaciones equilibradas, el estudiante E05 resuelve los problemas de estequiometría con soluciones propuestos en la tarea (Figura 5 derecha).

Figura 5–Resolución de la Tarea 2 por el estudiante E02 (izquierda) y por el estudiante E05 (derecha).



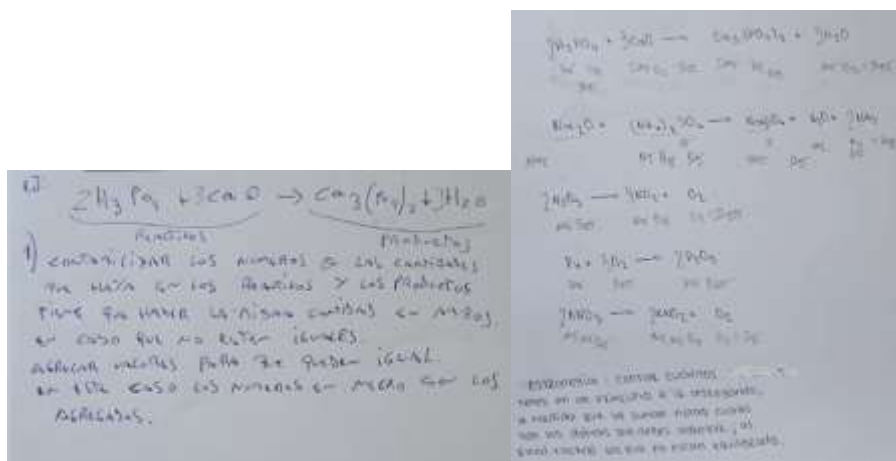
Fuente: Datos de la investigación (2025).

La tarea 3 solicitaba elaborar una posible estrategia ganadora. Aquí los estudiantes, en general siguen el orden que les sugiere el juego en la sección “Dicas para balancear” (metal, no metal, hidrógeno y oxígeno) miran o contabilizan la cantidad total de átomos entre reactivos y productos y rotulan de alguna forma las cantidades de un lado y del otro ya sea de forma narrada, señalando debajo las cantidades.

El estudiante E02 escribe la ecuación con tinta azul e identifica y señala en la hoja los reactivos y productos. Realiza el recuento de átomos en reactivos y productos y coloca con lápiz negro los coeficientes estequiométricos para igualar. Cuando usa el término “agregar valores” se refiere a los coeficientes estequiométricos que coloca delante de un compuesto para que la ecuación quede balanceada (Figura 6 izquierda).

El estudiante E20, cuenta los átomos que tiene en lo que denomina “al principio” designando de ese modo, a los reactivos y va anotando, para cada elemento como un subíndice, el número total de átomos en los reactivos. Después, del mismo modo, contabiliza los productos, aunque no lo describe. Sin embargo, lo realiza porque menciona que va “agregando” y que al final “notas” (en el sentido de advertir) cuantos se deben agregar. Entonces, cuando usa la palabra agregar se refiere a los coeficientes estequiométricos. Finalmente, tacha los elementos que ha logrado equilibrar (Figura 6 derecha).

Figura 6–Estrategias propuestas por los estudiantes E02 (izquierda) y E20 (derecha) para resolver la Tarea 3.

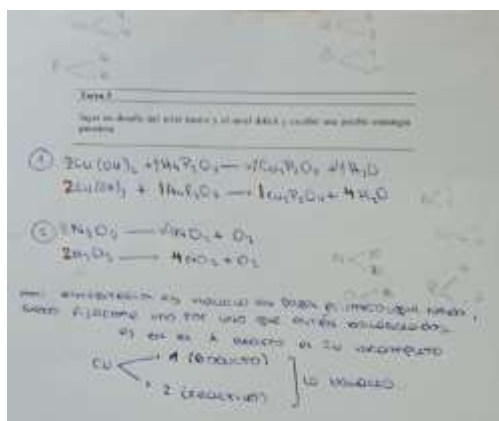


Fuente: Datos de la investigación (2025).

La estrategia de resolución del estudiante E15 es copiar las ecuaciones en papel y contar en cada grupo, reactivos y productos, la cantidad de átomos. Para esto coloca el símbolo del elemento químico en el centro y a partir de éste saca dos flechas, una que contabiliza el número de átomos del elemento en los productos y otra flecha con el número de átomos del elemento en los reactivos. Realiza anotaciones de este tipo en lápiz en toda la hoja (Figura 7).

Cuando el estudiante E15 quiere explicar la cantidad de átomos de cobre considera únicamente los coeficientes por ejemplo 2 en el hidróxido cúprico y 1 en el pirofosfato cúprico. Entonces, escribe “agarro el Cu incompleto” pero se equivoca al no tener en cuenta el subíndice pues la cantidad total de átomos de cobre es 2 en productos y reactivos (Figura 7). El mismo error queda registrado al contabilizar el cobre con su sistema o notación de flechas al asignar un 1 para los productos (contabiliza solo el coeficiente) y un 2 para los reactivos. Se nota que se confunde al querer argumentar su estrategia pues en la ecuación numerada como 2 considera tanto el subíndice como el coeficiente al contabilizar $2 N_2O_5$ pues coloca un 4 delante del óxido nítrico ($4 NO_2$).

Figura 7–Estrategia propuesta por el estudiante E15 para resolver la Tarea 3.



Fuente: dados de la investigación (2025).

Respostas al Pre y post test

Los resultados correspondientes al pre y post test se presentan en la tabla 1, que contiene la frecuencia de elección de cada ítem en cada una de las dos etapas. La opción correcta se señala con un asterisco.

Tabla 1–Resultados correspondientes al pre y post test.

Pregunta		Opción a)	Opción b)	Opción c)	Opción d)	Opción e)
1	Pretest	0	0	20*	1	---
	Posttest	0	0	21*	0	---
2	Pretest	9	0	12*	0	---
	Posttest	4	0	17*	0	---
3	Pretest	4	16*	1	0	---
	Posttest	4	16*	1	0	---
4	Pretest	2	13*	6	0	---
	Posttest	1	16*	4	0	---
5	Pretest	3	2	5	9*	2
	Posttest	1	1	0	17*	2
6	Pretest	2	2	0	17*	---
	Posttest	0	0	0	21*	---
7	Pretest	0	1	19*	1	---
	Posttest	1	0	19*	1	---
8	Pretest	3	5	2	11*	---
	Posttest	1	1	2	17*	---
9	Pretest	4	4	6*	2	5
	Posttest	0	0	13*	3	5

Fuente: Elaborado por los autores (2026).

Dado el carácter exploratorio y descriptivo del estudio, las diferencias entre pretest y post test se interpretan como variaciones observadas en las respuestas de los estudiantes, sin establecer significación estadística ni relaciones causales.

Pre Test

Los estudiantes reconocen que antes de realizar cálculos estequiométricos es necesario contar con la ecuación balanceada.

Si bien la mayoría de los estudiantes considera que el coeficiente estequiométrico afecta a todo el compuesto químico que está a continuación, muchos no se dan cuenta de esto ya que únicamente consideran el subíndice al contabilizar la totalidad de átomos presentes de determinado elemento sin tener en cuenta que la presencia del coeficiente estequiométrico, que está adelante del compuesto en cuestión, multiplica a todos los elementos presentes. En una indagación posterior (pregunta 3) la mayoría de los estudiantes saben a qué nos referimos cuando hablamos de coeficiente estequiométrico, aunque algunos estudiantes confunden coeficiente estequiométrico con subíndice y unos pocos con superíndice.

La mayor parte de los estudiantes comprende que la transformación química de reactivos en productos se representa con la ecuación química. No obstante, muchos estudiantes confunden el concepto de ecuación química con el de reacción química. Otros estudiantes, aunque en menor número creen que el cambio químico puede representarse por una fórmula, tal vez la confusión se deba porque al reaccionar, la fórmula molecular de los reactivos cambia al transformarse en los productos.

Por otro lado, la mayor parte de los estudiantes considera que al balancear se cumple con la Ley de conservación de la materia, aunque otros se confunden con la Ley de los gases ideales y la Ley de las proporciones múltiples.

En cuanto a la mecánica del balanceo, la mayoría de los estudiantes selecciona el orden correcto, lo cual se refleja en la resolución de ecuaciones para balancear. Los estudiantes que se equivocan, no consideran el coeficiente estequiométrico o cometen errores de cálculo al sumar.

Post Test

En el post test se observa un aumento de respuestas correctas respecto del coeficiente estequiométrico y cómo afecta a todo el compuesto. No se observan variaciones (entre el pre y post) respecto de cómo se llaman componentes de la ecuación química.

La mayor parte de los estudiantes terminan entendiendo que la representación del cambio químico está dada por la ecuación química luego de la clase y del juego. No obstante,

unos pocos estudiantes siguen confundiendo los términos ecuación y reacción química. Aunque un solo estudiante considera que la fórmula sirve para representar cuando los reactivos se transforman en productos, podemos decir que si bien las fórmulas moleculares cambian luego de la reacción es la ecuación química balanceada la que describe completamente la transformación química ocurrida.

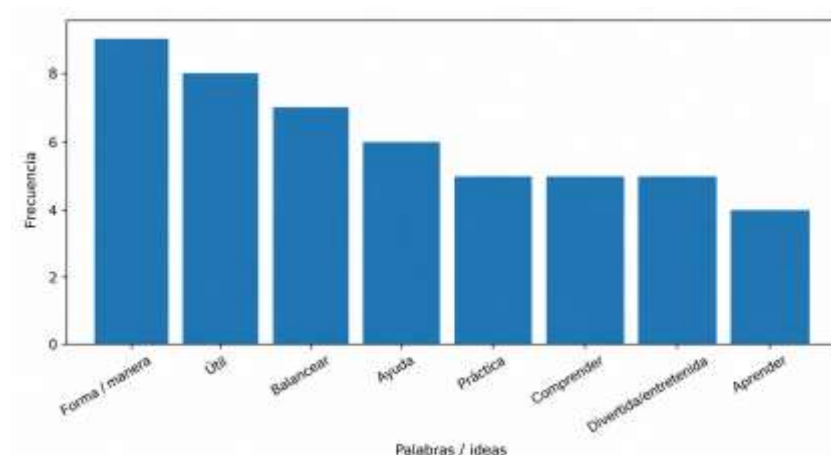
Por otra parte, luego de la clase, la totalidad de los estudiantes se da cuenta del cumplimiento de la Ley de conservación de la materia al realizar el balanceo de ecuaciones químicas. En lo que concierne al orden del balanceo, la opción que menciona el orden más adecuado para el balanceo aumenta significativamente después de usar el juego en la clase. Esto puede atribuirse a que el juego ofrece una sección de consejos (dicas) para consultar en el cual se presenta el orden de balanceo más conveniente, esto podría actuar a modo de reforzador.

En el caso de las reacciones propuestas para equilibrar en el primer caso no se producen cambios sustanciales durante el post test. Pero en la segunda reacción proporcionada, se advierte que el número de estudiantes que selecciona la opción correcta aumenta después de jugar. Asimismo, en el caso de la tercera reacción para balancear se observa que el número de elecciones correctas aumenta más del doble en el post test. En las dos últimas opciones para equilibrar, los resultados muestran una mayor frecuencia de respuestas correctas después de la secuencia.

Las respuestas a la pregunta 10 del postest evidencian una valoración positiva en cuanto a la experiencia de los estudiantes con el juego y la contribución que su uso hace a la clase. Los comentarios realizados por los estudiantes se orientan a los aspectos prácticos que el SudoQuim proporciona ya que los invita a realizar el balanceo, a actuar sobre lo que piensan y se ven obligados a hacer. Es decir que son llevados a poner manos a la obra. También, está el aspecto de la motivación de ese “hacer” pues para los estudiantes es importante realizar una tarea que los entretenga en el sentido de que ellos refieren que se ve aumentada la motivación intrínseca que es aquella que proviene del propio alumno. Nótese que a diferencia de la motivación extrínseca, que es la que se proporciona mediante insignias o premios de algún tipo, los comentarios se refieren a realizar la tarea para mejorar su aprendizaje sobre el tema y no porque se gane un premio.

Las palabras que más se repiten son: “forma/manera”, “útil”, “balancear”, “práctica”, “comprender”, “divertida/entretenida”, “aprender”. La figura 8 resume la frecuencia de aparición de estas palabras en las respuestas de los estudiantes.

Figura 8–Frecuencia de palabras en las respuestas de los estudiantes sobre SudoQuim.



Fuente: Elaborado por los autores (2026).

Las ideas más frecuentes en las respuestas estudiantiles se relacionan principalmente con la percepción de que el juego ofrece una “forma/manera” diferente de aprender (9 menciones) y que resulta “útil” (8 menciones). Esto evidencia que los estudiantes valoraron especialmente la manera diferente de tratar estos saberes en clase, a partir de Sudoquim.

La palabra “balancear” aparece con una frecuencia alta (7 menciones), lo que indica que los estudiantes reconocen claramente la relación entre el juego y el objetivo específico de aprendizaje: el balanceo de ecuaciones químicas. A su vez, términos como “ayuda” (6 menciones) y “práctica” (5 menciones) muestran que el recurso fue percibido como un apoyo concreto para ejercitar y consolidar sus conocimientos sobre el tema.

También aparecen con significativa frecuencia palabras vinculadas con procesos cognitivos y emocionales positivos, como “comprender”, “divertida/entretenida” y “aprender”. Esto sugiere que el juego no solo favoreció la práctica, sino también la comprensión conceptual y la motivación hacia la química.

Discusión

Los resultados muestran, en el contexto de la secuencia implementada, variaciones favorables en algunas respuestas de los estudiantes vinculadas con la comprensión de

conceptos y con la sistematización de estrategias para el balanceo de ecuaciones. Durante el desarrollo de las actividades se observó una gran participación y los estudiantes expresaron una valoración positiva de la experiencia. Estos resultados son consistentes con investigaciones que señalan que el GBL y el DGBL pueden propiciar mayores niveles de participación y motivación en determinadas situaciones de aprendizaje (Krath et al., 2021; Delgado et al., 2023; Camacho-Sánchez et al., 2024; Subroto et al., 2024; Marquez et al., 2025).

Se registraron algunas estrategias de resolución que podrían atribuirse a diferentes niveles de comprensión. Por ejemplo algunos estudiantes, al momento de realizar las tareas, narran lo que hicieron mediante frases cortas, otros enumeran y copian las ecuaciones químicas en el orden que les proporciona el juego y escriben sobre o debajo de ellas para contar átomos o realizar cálculos estequiométricos, otros hacen dibujos de los átomos que compone la fórmula molecular en anotaciones escritas para explicar de las fórmulas moleculares.

La tarea 1 evidenció el entusiasmo de los estudiantes y el carácter motivador del juego: cada uno jugó individualmente, comparó resultados con sus compañeros y jugaron varias veces tratando de mejorar sus resultados. Esta tarea sirvió como disparador para que los estudiantes comiencen a comprender el balanceo de ecuaciones. Ellos realizan anotaciones, dibujos explicativos y ponen en juego estrategias personales que evidencian que han podido razonar al realizar el balanceo de ecuaciones. Además, realizan una valoración positiva sobre sus propios avances. Entonces, si se tiene en cuenta que el ajuste de ecuaciones suele ser un proceso mecánico, se observa que los estudiantes reflexionan sobre sus propios conocimientos. Esto es importante debido a que hace poco tiempo que han finalizado el ciclo de educación secundaria obligatoria y que acaban de comenzar a cursar el primer año en la universidad.

La tarea 2 implicó el uso de los conceptos de reactivo limitante y reactivo en exceso, que son fundamentales para la resolución de problemas de estequiometría con soluciones. Algunos estudiantes logran aplicar correctamente la regla de tres y completar los cálculos, mientras que otros se detienen en pasos intermedios. Esta diferencia podría deberse a que, el pasaje de instancias de juego a tareas que implican la resolución de problemas concretos del tema estequiometría con soluciones, requiere una mayor rigurosidad y formalización en el uso de los conceptos propios de la disciplina, especialmente en la utilización de los símbolos.

En la tarea 3 los estudiantes se enfrentaron a niveles de dificultad mayor en el juego y paralelamente desplegaron diversas estrategias que si bien muestran un mayor grado apropiación de los conocimientos, también detectan confusión entre el coeficiente estequiométrico y el subíndice. Es decir que si bien el juego proporciona la búsqueda de soluciones también invita a los docentes y desarrolladores a pensar en estrategias para subsanar errores.

Las dificultades que persisten en algunas producciones, particularmente la confusión entre coeficientes estequiométricos y subíndices y los problemas para interpretar correctamente las relaciones expresadas en las ecuaciones químicas, coinciden con dificultades documentadas en investigaciones anteriores (Huddle; Pillay, 1996; Sanger, 2005). Estos resultados muestran que la posibilidad de realizar procedimientos de balanceo no supone necesariamente una comprensión completa de las relaciones químicas involucradas. En este sentido, la experiencia permite identificar aspectos conceptuales que requieren ser retomados mediante otras actividades, discusiones e intervenciones docentes, más allá de la ejercitación proporcionada por el juego.

Muchos estudiantes destacan que el juego les permitió “practicar”, “poner en práctica” o “reforzar” contenidos ya trabajados. Estas valoraciones son compatibles con las características atribuidas al DGBL como entorno que posibilita la resolución reiterada de problemas, la exploración y la revisión de las propias acciones (Gee, 2003, 2005). Asimismo, expresiones como “comprender”, “analizar” o “entender mejor la estequiometría” muestran que los estudiantes percibieron el recurso no solo como una instancia de ejercitación, sino también como un apoyo para comprender los procedimientos involucrados. Las referencias a una experiencia “divertida”, “entretenida” o “no tan lineal” coinciden con estudios que identifican relaciones entre GBL y motivación (Krath et al., 2021; Camacho-Sánchez et al., 2024), aunque otros trabajos advierten que estos efectos no son uniformes y dependen de las características del diseño y de su integración en la propuesta de enseñanza (Hanus; Fox, 2015; Krath et al., 2021). En este sentido, los resultados permiten reconocer el potencial didáctico de SudoQuim como componente de una secuencia para la enseñanza inicial de la química universitaria, sin atribuirle de manera aislada los cambios observados.

Conclusión

La implementación de la secuencia que integró el juego digital SudoQuim permitió reconocer posibilidades de este recurso para la enseñanza de la química universitaria. Las opiniones de los estudiantes muestran una valoración positiva, principalmente por su utilidad para practicar el balanceo de ecuaciones químicas de una manera diferente a la ejercitación habitual. Durante la experiencia se observaron participación, intercambios entre pares y diversas estrategias de resolución, mientras que la comparación entre pre y postest mostró variaciones favorables en algunos de los contenidos abordados. Estos resultados sugieren que la integración del juego, articulada con las demás actividades de la secuencia y con las intervenciones docentes, puede constituir una alternativa pertinente para complementar la enseñanza del balanceo de ecuaciones químicas.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentran su carácter exploratorio, el reducido número de participantes, la implementación en un único grupo y durante una sola sesión de clase, así como la ausencia de un grupo de comparación. Además, entre el pretest y el postest se desarrolló una secuencia que combinó el juego con tareas escritas, resolución de problemas, discusiones colectivas, retroalimentación e intervenciones docentes. Por estas razones, las variaciones observadas no permiten establecer relaciones causales ni atribuir los resultados específicamente al uso de SudoQuim. Futuras investigaciones podrían ampliar el número de participantes y contextos y analizar los aprendizajes en períodos más prolongados.

En este sentido, la experiencia aporta indicios acerca de las posibilidades de integrar recursos digitales en propuestas de enseñanza de la química. Particularmente, Sudoquim se presenta como una herramienta didáctica con potencial para complementar las estrategias de enseñanza convencionales en el nivel universitario.

Referencias

- ABT, C. C. **Serious games**. New York: Viking. American Behavioral Scientist, 176, 1970.
- ADLER, J. Conceptualising resources as a theme for teacher education. **Journal of Mathematics Teacher Education**, v. 3, p. 205-224, 2000. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1009903206236>.
- BANIHASHEM, S. K.; DEHGHANZADEH, H.; CLARK, D.; NOROOZI, O.; BIEMANS, H. J. Análisis de aprendizaje para el aprendizaje basado en videojuegos en línea: Una revisión sistemática de la literatura. **Behaviour & Information Technology**, v. 43, n. 12, p. 2689-2716, 2024.

CAMACHO-SÁNCHEZ, R.; SERNA BARDAVÍO, J.; RILLO-ALBERT, A.; LAVEGA-BURGUÉS, P. Mejora de la motivación y el rendimiento académico mediante una metodología de aprendizaje gamificada basada en juegos digitales utilizando el modelo ARCS. **Interactive Learning Environments**, v. 32, n. 10, p. 6868-6885, 2024.

FERREIRA, Dayany Barros; SOUZA, Danilo do Carmo de; CASTRO FILHO, José Aires; CASTRO, Juscileide Braga de. Gamificação no Ensino de Matemática: análise das contribuições do Recurso Educacional Digital 'Ilha das Operações' para a aprendizagem. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 4, p. e2024025, 2024. DOI: 10.21439/2965-6753.v4.e2024025.

DELGADO, J. R. E.; FIGUEROA, K. G. C.; CAMPUZANO, M. F. P.; ZAMBRANO, M. M. R.; COBEÑA, E. I. D. Quizziz: herramienta digital innovadora en el proceso de aprendizaje basado en juegos. **Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, v. 4, n. 2, p. 401, 2023.

DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference**, 2011.

ERHEL, S.; JAMET, E. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. **Computers & Education**, v. 67, 2013. Disponible en: GALVÃO, Kauã Honorato; VIANA, Katianny Jorge; FERNANDES, Luís Fernando Gomes; PEREIRA, Walysson Gomes. Aplicação do Jogo "Mistureba" como Recurso Lúdico no Ensino de Misturas. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 7, p. e2026006, 2026. DOI: 10.21439/2965-6753.v7.e2026006.

GEE, J. P. **What video games have to teach us about learning and literacy**. Palgrave Macmillan, 2003.

GEE, J. P. Good video games and good learning. **Phi Kappa Phi Forum**, v. 85, n. 2, p. 33-37, 2005.

GEE, J. P. **Good Video Games and Good Learning**. Peter Lang, 2007.

GEE, J. P. **Teaching, Learning, Literacy in Our Digital Age**. Teachers College Press, 2021.

GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, C.; CAICEDO, L. M.; MALDONADO, L. E.; CUBILLOS, Y. T. Análisis de la producción científica relacionada con Recursos Educativos Digitales (RED) y Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), entre 2000-2021. **Revista de Investigación Educativa**, v. 41, n. 1, p. 263-280, 2023.

HANUS, M. D.; FOX, J. Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. **Computers & Education**, v. 80, p. 152-161, 2015.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. **Metodología de la investigación**. México D.F.: McGraw-Hill, 2014.

HUAMANÍ QUISPE, M. C.; VEGA VILCA, C. S. Efectos de la gamificación en la motivación y el aprendizaje. **Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación**, v. 7, n. 29, p. 1399-1410, 2023.

HUDDLE, P. A.; PILLAY, A. E. An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. **Journal of Research in Science Teaching**, v.

33, n. 1, p. 65-77, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199601\)33:1<65::AID-TEA4>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1<65::AID-TEA4>3.0.CO;2-N).

KATUAL, D.; DREVIN, L.; GOEDE, R. Aprendizaje basado en juegos para mejorar el pensamiento crítico y el intercambio de conocimientos: Revisión bibliográfica. **Revista de la Sociedad Internacional de Ciencias de Sistemas**, v. 67, 2023.

KRATH, J.; SCHÜRMANN, L.; VON KORFLESCH, H. F. Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. **Computers in human behavior**, v. 125, 106963, 2021.

LOBO, J. C.; DEL SUR, M. Juegos serios: alternativa innovadora. **Conocimiento Libre y Educación (CLED)**, v. 2, n. 2, 2014.

MARCANO, B. Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. **Education in the Knowledge Society (EKS)**, v. 9, n. 3, p. 93–107, 2008.

MÁRQUEZ, R. R. C.; AGUILAR, J. R. V.; LEÓN, Y. R. C.; LEÓN, P. M. A. Gamificación y aprendizaje basado en juegos: un enfoque para mejorar la motivación estudiantil. **Polo del Conocimiento**, v. 10, n. 5, p. 1685-1705, 2025.

MCGONIGAL, J. **Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world**. New York: Penguin Press, 2011.

MENDOZA-VEGA, A. J. Los programas de gamificación en la educación: Revisión sistemática. **Episteme Koinonía**, v. 8, n. 16, p. 209–226, 2025.

NADEEM, M.; OROSZLANYOVA, M.; FARAG, W. Effect of Digital Game-Based Learning on student engagement and motivation. **Computers**, v. 12, n. 9, p. 177, 2023.

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**. McGraw-Hill, 2001.

PRENSKY, M. **Educación para mejorar su mundo: Liberando el poder de los niños del siglo XXI**. Teachers College Press, 2016.

PRIETO-ANDREU, J. M.; GÓMEZ-ESCALONILLA-TORRIJOS, J. D.; SAID-HUNG, E. Gamificación, motivación y rendimiento en educación: Una revisión sistemática. **Revista Electrónica Educare**, v. 26, n. 1, p. 251–273, 2022.

QIAN, M.; CLARK, K. R. Game-based learning and 21st century skills: A review of recent research. **Computers in Human Behavior**, v. 63, p. 50–58, 2016.

SANGER, Michael J. Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 1, p. 131, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed082p131>.

SILVA, C.; QUEIROS, L.; GOMES, A.; LIMA, R.; NOGUEIRA, T. SudoQuim (2022).

SUBROTO, D. E.; BARTOSZECK, A.; ARSYAD, M. Unlocking the potential of game based learning education in junior high school indonesia. **Jurnal Kajian Pendidikan dan Psikologi**, v. 1, n. 3, p. 160-169, 2024.

Submetido em 28 de maio de 2026.

Aceito em 11 de setembro de 2026.

Publicado em 11 de outubro de 2026.