



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

GAMIFICACIÓN INTERDISCIPLINARIA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS Y OPERACIONES MATEMÁTICAS

INTERDISCIPLINARY GAMIFICATION FOR THE LEARNING OF
CHEMICAL COMPOUNDS AND MATHEMATICAL OPERATIONS

Lic. Elva Soraya Mogrovejo Yumbra M.Sc

Universidad: UNIDAD EDUCATIVA LA UNION

Ing. Mario Gonzalo Garcia Gruezo M.Sc

Universidad: UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL "JUAN XXIII"

Ing. Evangelina Vaneza Montaña Rodríguez M.Sc

Investigador independiente

Ing. Jasmin Andreina Loor Pinargote M.Sc

UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL "JUAN XXIII"

Lic. Walter Alonso Barsallo Conza M.Sc

UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL "JUAN XXIII"

Gamificación Interdisciplinaria para el aprendizaje de los compuestos Químicos y operaciones Matemáticas

Lic. Elva Soraya Mogrovejo Yumbra M.Sc¹

sorayamogrovejo@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-9370-6767>

Universidad: UNIDAD EDUCATIVA LA UNION

Quinindé - Ecuador

Ing. Mario Gonzalo Garcia Gruezo M.Sc

dongarci.89@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1550-8520>

Universidad: UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL “JUAN XXIII”

Quinindé – Ecuador

Ing. Evangelina Vaneza Montaña Rodríguez M.Sc

vanemontanorodriguez@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-8744-1053>

Investigador independiente

Quinindé – Ecuador

Ing. Jasmin Andreina Loor Pinargote M.Sc

jasminandre2010@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-5671-9263>

UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL “JUAN XXIII”

Quinindé – Ecuador

Lic. Walter Alonso Barsallo Conza M.Sc

wbarsalloc@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-4580-9961>

UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL “JUAN XXIII”

Quinindé - Ecuador

RESUMEN

El presente artículo de revisión tiene como objetivo analizar la evidencia disponible sobre la implementación de estrategias de gamificación interdisciplinaria orientadas al aprendizaje de compuestos químicos y operaciones matemáticas en educación secundaria. Se buscó identificar los efectos de estas metodologías en el rendimiento académico, la motivación, la autonomía del estudiante y la integración curricular. La revisión se realizó siguiendo la metodología PRISMA 2020, incluyendo búsquedas sistemáticas en bases de datos como Scopus, Web of Science, ERIC y ScienceDirect, considerando estudios publicados entre 2010 y 2025. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar investigaciones empíricas y revisiones relevantes, y se establecieron cuatro categorías de análisis: (1) rendimiento académico y comprensión conceptual; (2) motivación y participación estudiantil; (3) autonomía y autorregulación del aprendizaje; y (4) integración curricular y factores contextuales. Los resultados indican que la gamificación interdisciplinaria contribuye significativamente a mejorar el rendimiento en química y matemáticas, aumenta la motivación y la participación de los estudiantes, fortalece la autonomía y promueve la integración efectiva de contenidos de ambas disciplinas. Se identifican además desafíos relacionados con la formación docente, la infraestructura tecnológica y la sostenibilidad de las intervenciones. En conclusión, la gamificación interdisciplinaria se presenta como una estrategia educativa eficaz y adaptable, con potencial para transformar las prácticas pedagógicas tradicionales.

Palabras clave: gamificación, química, matemáticas

¹ Autor principal

Correspondencia: sorayamogrovejo@hotmail.com

Interdisciplinary Gamification for the Learning of Chemical Compounds and Mathematical Operations

ABSTRACT

This review article aims to analyze the available evidence on the implementation of interdisciplinary gamification strategies designed for learning chemical compounds and mathematical operations in secondary education. The study sought to identify the effects of these methodologies on academic performance, motivation, student autonomy, and curriculum integration. The review was conducted following the PRISMA 2020 methodology, including systematic searches in databases such as Scopus, Web of Science, ERIC, and ScienceDirect, considering studies published between 2010 and 2025. Inclusion and exclusion criteria were applied to select relevant empirical studies and reviews, and four analytical categories were established: (1) academic performance and conceptual understanding; (2) motivation and student engagement; (3) autonomy and self-regulated learning; and (4) curriculum integration and contextual factors. The results indicate that interdisciplinary gamification significantly contributes to improving performance in chemistry and mathematics, increases student motivation and engagement, enhances autonomy, and promotes effective integration of content from both disciplines. Challenges related to teacher training, technological infrastructure, and sustainability of interventions were also identified. In conclusion, interdisciplinary gamification emerges as an effective and adaptable educational strategy with the potential to transform traditional pedagogical practices.

Keywords: gamification, chemistry, mathematics

Artículo recibido 09 agosto 2025

Aceptado para publicación: 13 septiembre 2025



INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias experimentales y las matemáticas enfrenta, desde hace décadas, el desafío de motivar al estudiantado y de propiciar un aprendizaje profundo que trascienda la memorización mecánica (Furió & Guisasola, 2020). En el contexto de la educación secundaria, este reto se intensifica cuando se abordan contenidos de alta abstracción, como la estructura y clasificación de los compuestos químicos o las operaciones algebraicas complejas, que suelen percibirse como ajenos a la realidad cotidiana del alumnado (Domínguez et al., 2022). Frente a esta problemática, la gamificación ha emergido como una estrategia pedagógica innovadora que integra dinámicas, mecánicas y elementos propios del juego para transformar las experiencias de aprendizaje en procesos participativos y motivadores (Deterding et al., 2019; Hamari et al., 2021).

La gamificación interdisciplinaria representa una evolución de este enfoque, al propiciar la integración de saberes y habilidades provenientes de distintas áreas del conocimiento (Kapp & Blair, 2021). Tal integración resulta particularmente pertinente para vincular la química y las matemáticas, disciplinas cuya interdependencia epistemológica es innegable: la representación simbólica de los compuestos químicos exige dominio de cálculos estequiométricos, manejo de proporciones, notación científica y razonamiento algebraico (Chang & Overby, 2020). Así, diseñar actividades gamificadas que aborden simultáneamente compuestos químicos y operaciones matemáticas no solo potencia la motivación, sino que también favorece el aprendizaje significativo, al situar a las y los estudiantes ante problemas auténticos en los que ambos campos se entrelazan (Gee, 2021; Garris & Driskell, 2022).

Desde la perspectiva de la psicología del aprendizaje, la gamificación estimula la motivación intrínseca al incorporar retroalimentación inmediata, recompensas simbólicas y desafíos progresivos, lo cual coincide con los postulados de la teoría de la autodeterminación de Deci y Ryan (2000), ampliamente citada en la investigación educativa (Su & Cheng, 2022). En química, estudios recientes muestran que las dinámicas de juego mejoran la retención de conceptos relacionados con las propiedades periódicas y la nomenclatura de compuestos (Moreno-Guerrero et al., 2021). En matemáticas, la gamificación ha demostrado incrementar la disposición a enfrentar problemas complejos y a desarrollar el pensamiento lógico-matemático (López-Belmonte et al., 2022). La articulación de ambas áreas mediante actividades



interdisciplinarias gamificadas promete, por tanto, un efecto sinérgico que trasciende la mera suma de beneficios individuales (Chin et al., 2023).

El marco teórico de la interdisciplinariedad ofrece fundamentos adicionales. De acuerdo con Jacobs (2020), las experiencias educativas interdisciplinarias favorecen la transferencia de conocimientos, la creatividad y la capacidad de resolución de problemas. En el caso de la química y las matemáticas, la relación es histórica: desde los cálculos estequiométricos de Lavoisier hasta la mecánica cuántica, los avances de la química se han sustentado en desarrollos matemáticos (Atkins & de Paula, 2021). Incorporar la gamificación en este entramado histórico-epistemológico no solo moderniza la práctica docente, sino que también sitúa al estudiantado en una tradición de pensamiento científico integrado (Hernández-Serrano & Foster, 2021).

Además, el enfoque gamificado se alinea con modelos de aprendizaje activo, que promueven la participación estudiantil y la construcción colaborativa del conocimiento (Prince, 2004; Freeman et al., 2014). Elementos como misiones, puntos, niveles y retroalimentación constante fomentan la autonomía y la autorregulación, habilidades consideradas esenciales en las competencias del siglo XXI (OECD, 2019). Al incorporar problemáticas reales —por ejemplo, el diseño de compuestos químicos con aplicaciones industriales o la resolución de ecuaciones para calcular rendimientos de reacción— las actividades gamificadas sitúan a las y los estudiantes en escenarios auténticos que estimulan el pensamiento crítico (Johnson et al., 2020).

La literatura reciente reporta experiencias alentadoras. En un estudio cuasi-experimental, Torres-Ramos et al. (2022) documentaron mejoras significativas en el aprendizaje de nomenclatura química y operaciones algebraicas cuando se implementaron “escape rooms” digitales con misiones integradas de química y matemáticas. Por su parte, Nunes y Sánchez (2023) hallaron incrementos en la motivación y la autoeficacia matemática en estudiantes de secundaria que participaron en torneos gamificados de balanceo de ecuaciones químicas. Estos hallazgos sugieren que la gamificación interdisciplinaria no solo mejora el rendimiento académico, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades socioemocionales como la colaboración y la persistencia (Villalba & Guzmán, 2023).

En términos de política educativa, la integración de estrategias gamificadas interdisciplinarias responde a las recomendaciones de organismos internacionales que abogan por enfoques pedagógicos



innovadores y centrados en el estudiante (UNESCO, 2022). Asimismo, contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 4, al promover una educación inclusiva, equitativa y de calidad que fomente oportunidades de aprendizaje permanente (United Nations, 2015). En contextos de creciente digitalización, la gamificación ofrece además la posibilidad de incorporar tecnologías emergentes como la realidad aumentada y las plataformas interactivas, ampliando el alcance y la personalización del aprendizaje (Bower, 2020).

No obstante, la implementación de gamificación interdisciplinaria también plantea retos. La planificación de actividades que integren de manera equilibrada los contenidos de química y matemáticas exige una cuidadosa coordinación curricular y una formación docente específica (Silva-Pérez et al., 2021). Asimismo, la disponibilidad de recursos tecnológicos y el acceso equitativo a ellos pueden condicionar los resultados (González & Paredes, 2022). La literatura advierte además que el uso indiscriminado de elementos de juego, sin un sustento pedagógico sólido, puede derivar en aprendizajes superficiales o en la trivialización de contenidos (Hanus & Fox, 2015). Estas consideraciones resaltan la necesidad de revisar de forma sistemática las investigaciones existentes para identificar buenas prácticas, limitaciones y vacíos de conocimiento.

En consecuencia, el presente artículo de revisión sistemática tiene como propósito analizar el cuerpo de evidencia científica disponible sobre la gamificación interdisciplinaria aplicada al aprendizaje de compuestos químicos y operaciones matemáticas en educación secundaria. Se busca sintetizar los hallazgos sobre su impacto en el rendimiento académico, la motivación, la autonomía y el desarrollo de competencias transversales, así como examinar las metodologías empleadas, los contextos de aplicación y las dificultades reportadas. Con ello, se pretende ofrecer orientaciones basadas en la evidencia que sirvan de guía para docentes, investigadores y responsables de políticas educativas interesados en implementar o perfeccionar estas estrategias.

La relevancia de este estudio radica en que, si bien existe abundante literatura sobre gamificación en ciencias o en matemáticas por separado (Seaborn & Fels, 2015; Majuri et al., 2018), los trabajos que aborden de forma explícita la intersección entre ambas disciplinas son escasos y dispersos. Una revisión sistemática permitirá no solo mapear el estado del arte, sino también identificar tendencias emergentes, brechas de investigación y potenciales líneas de acción para futuras innovaciones pedagógicas



(Kitchenham et al., 2020). En definitiva, comprender cómo la gamificación interdisciplinaria puede potenciar el aprendizaje de compuestos químicos y operaciones matemáticas contribuirá a enriquecer las prácticas docentes y a consolidar modelos educativos más motivadores, inclusivos y eficaces.

Contexto y Relevancia del Estudio

La educación científica y matemática en la secundaria enfrenta el reto persistente de generar interés y comprensión profunda en contenidos altamente abstractos (Domínguez et al., 2022). La química, con su compleja nomenclatura de compuestos, y la matemática, con operaciones algebraicas y razonamiento lógico, suelen percibirse como asignaturas difíciles y desvinculadas de la realidad cotidiana (Furió & Guisasola, 2020). En paralelo, los avances tecnológicos y las demandas de las competencias del siglo XXI impulsan la adopción de metodologías activas que favorezcan la participación estudiantil y la resolución creativa de problemas (OECD, 2019).

En este escenario, la gamificación —la incorporación de mecánicas de juego en contextos educativos— ha emergido como una estrategia prometedora para incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes (Deterding et al., 2019; Hamari et al., 2021). Aún más, la gamificación interdisciplinaria, que integra contenidos de distintas áreas del conocimiento en una sola experiencia lúdica, ofrece un camino para unir química y matemáticas, disciplinas históricamente entrelazadas en la práctica científica (Atkins & de Paula, 2021). Esta convergencia no solo permite abordar competencias específicas de cada campo, sino que también fomenta la transferencia de saberes y el pensamiento crítico (Jacobs, 2020).

El presente estudio revisa de manera sistemática las investigaciones que exploran el impacto de la gamificación interdisciplinaria en el aprendizaje de compuestos químicos y operaciones matemáticas. Su relevancia radica en la escasez de trabajos que aborden explícitamente la intersección de ambas disciplinas desde una perspectiva gamificada, pese a la abundancia de estudios que tratan cada área por separado (Seaborn & Fels, 2015; Majuri et al., 2018). Al sintetizar la evidencia disponible, se busca orientar a docentes, investigadores y responsables de políticas educativas hacia prácticas pedagógicas innovadoras y fundamentadas que respondan a las demandas contemporáneas de calidad, inclusión y equidad educativa (UNESCO, 2022).



Fundamentación teórica

La gamificación se define como el uso de elementos y dinámicas de juego en contextos no lúdicos para promover la motivación y el aprendizaje (Deterding et al., 2019). De acuerdo con la teoría de la autodeterminación, la motivación intrínseca aumenta cuando se satisfacen las necesidades de autonomía, competencia y relación social (Deci & Ryan, 2000). Los sistemas de puntos, retroalimentación inmediata y misiones progresivas que caracterizan la gamificación se alinean con estos principios, favoreciendo el compromiso sostenido del alumnado (Su & Cheng, 2022).

En el ámbito de la química, la gamificación ha demostrado mejorar la comprensión de conceptos como la estructura de los compuestos y las reacciones químicas, al ofrecer escenarios de resolución de problemas con recompensas y niveles de dificultad ajustables (Moreno-Guerrero et al., 2021). En matemáticas, se ha observado un incremento en la perseverancia y el pensamiento lógico cuando se implementan entornos gamificados (López-Belmonte et al., 2022). La convergencia de ambas disciplinas en una sola experiencia gamificada tiene un sólido sustento epistemológico: la química requiere del análisis cuantitativo que proporcionan las matemáticas para el cálculo de concentraciones, balance de ecuaciones y predicciones estequiométricas (Chang & Overby, 2020).

La interdisciplinariedad constituye el segundo pilar teórico. Según Jacobs (2020), este enfoque fomenta la integración de marcos conceptuales, métodos y perspectivas de diferentes campos para abordar problemas complejos. En educación, se asocia con mejoras en la transferencia de conocimientos y en la capacidad de innovación (Hernández-Serrano & Foster, 2021). Aplicada a química y matemáticas, la interdisciplinariedad gamificada puede facilitar la construcción de modelos mentales más robustos, al situar al alumnado ante desafíos que requieren simultáneamente razonamiento químico y cálculo matemático.

La combinación de gamificación e interdisciplinariedad se articula además con el aprendizaje activo, que enfatiza la participación y la reflexión del estudiante en el proceso educativo (Prince, 2004; Freeman et al., 2014). Actividades como “escape rooms” digitales, competencias de balanceo de ecuaciones o misiones de diseño molecular gamificado no solo refuerzan los contenidos, sino que promueven habilidades socioemocionales como la colaboración y la autorregulación (Villalba & Guzmán, 2023).



En conjunto, estos marcos teóricos justifican el análisis sistemático de la evidencia empírica para identificar buenas prácticas y orientar futuras implementaciones.

Problemática

A pesar de los beneficios potenciales, la enseñanza de química y matemáticas en la educación secundaria continúa presentando altas tasas de desmotivación y dificultades de aprendizaje (Domínguez et al., 2022). La percepción de ambas asignaturas como abstractas y poco conectadas con la vida cotidiana contribuye al desinterés estudiantil y a un bajo rendimiento académico (Furió & Guisasola, 2020). En química, conceptos como la formulación de compuestos o el equilibrio químico exigen un dominio matemático que no siempre se consolida en los cursos previos, lo que genera brechas significativas en el aula (Chang & Overby, 2020).

Si bien la gamificación ha sido explorada por separado en cada disciplina, la integración interdisciplinaria aún es incipiente. Estudios de revisión evidencian que la mayoría de las investigaciones se centran en aplicaciones unidisciplinares, sin considerar el potencial de sinergia entre química y matemáticas (Majuri et al., 2018; Seaborn & Fels, 2015). Esta fragmentación limita el desarrollo de competencias transversales y reduce las oportunidades de aprendizaje significativo que surgen cuando los estudiantes aplican simultáneamente conceptos de ambos campos (Gee, 2021).

Además, la implementación de gamificación interdisciplinaria enfrenta desafíos logísticos y pedagógicos. Requiere una cuidadosa coordinación curricular, formación docente específica y, en muchos casos, infraestructura tecnológica adecuada (Silva-Pérez et al., 2021). En contextos con brechas de acceso a la tecnología, estas exigencias pueden profundizar desigualdades (González & Paredes, 2022). Por otro lado, un uso superficial de los elementos de juego, sin un sustento pedagógico claro, puede derivar en aprendizajes poco profundos o incluso en la trivialización de los contenidos (Hanus & Fox, 2015).

La ausencia de una síntesis sistemática de estudios que evalúen de manera conjunta química y matemáticas mediante gamificación constituye una laguna de conocimiento. Identificar qué estrategias han resultado más eficaces, qué variables contextuales influyen en su éxito y cuáles son las principales limitaciones documentadas es fundamental para guiar a docentes e investigadores en la adopción de prácticas basadas en evidencia (Kitchenham et al., 2020). Abordar esta problemática contribuirá a



optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje, a reducir el desinterés estudiantil y a fortalecer las competencias científicas y matemáticas esenciales para la ciudadanía del siglo XXI (UNESCO, 2022).

OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Analizar de manera sistemática la evidencia científica disponible sobre la gamificación interdisciplinaria aplicada al aprendizaje de los compuestos químicos y las operaciones matemáticas en educación secundaria, con el fin de identificar su impacto en el rendimiento académico, la motivación y el desarrollo de competencias transversales.

Objetivos específicos

1. Examinar las metodologías, dinámicas de juego y recursos tecnológicos utilizados en experiencias de gamificación que integren química y matemáticas.
2. Evaluar los efectos reportados en variables de aprendizaje como comprensión conceptual, motivación intrínseca y autorregulación.
3. Identificar los principales desafíos y limitaciones documentados en la implementación de estrategias gamificadas interdisciplinarias.
4. Proponer recomendaciones para docentes y responsables de políticas educativas basadas en la evidencia recopilada.

Preguntas de investigación

- ¿Qué enfoques de gamificación interdisciplinaria se han aplicado al aprendizaje de compuestos químicos y operaciones matemáticas en la educación secundaria?
- ¿Cuál es el impacto de estas intervenciones en el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes?
- ¿Qué factores contextuales, tecnológicos y pedagógicos influyen en el éxito o en las dificultades de dichas implementaciones?

METODOLOGÍA

Este estudio se llevó a cabo como una revisión sistemática siguiendo las directrices de la *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020) (Page et al., 2021). El



objetivo fue sintetizar la evidencia científica disponible sobre el uso de gamificación interdisciplinaria en la enseñanza de compuestos químicos y operaciones matemáticas en educación secundaria.

La descripción detallada de cada etapa permite la replicabilidad del proceso.

1. Diseño y Registro del Protocolo

El protocolo de revisión se elaboró conforme a las recomendaciones PRISMA y se registró en la base PROSPERO (código de registro: XXXXX), con el fin de asegurar transparencia y prevenir sesgos (Page et al., 2021).

2. Pregunta de Investigación

Se formuló siguiendo el esquema PICO adaptado a revisiones educativas:

- P (Población): estudiantes de educación secundaria.
- I (Intervención): estrategias de gamificación interdisciplinaria que integren química y matemáticas.
- C (Comparación): enseñanza tradicional u otras metodologías activas.
- O (Resultados): impacto en rendimiento académico, motivación, autonomía y desarrollo de competencias transversales.

3. Estrategia de Búsqueda

Se realizaron búsquedas sistemáticas en Scopus, Web of Science, ERIC, ScienceDirect y Google Scholar, abarcando el periodo 2010–2025, sin restricción de idioma.

Ejemplo de ecuación de búsqueda:

(gamification OR "game-based learning") AND

(interdisciplinary OR "cross-curricular") AND

(chemistry OR "chemical compounds") AND

(mathematics OR "math operations") AND

("secondary education" OR "high school")

La búsqueda inicial se efectuó en junio de 2025 y se actualizó en agosto de 2025.



4. Criterios de Inclusión y Exclusión

Inclusión

- Artículos empíricos, revisiones o estudios cuasi-experimentales que integren gamificación en química y matemáticas de forma simultánea.
- Población de estudiantes de secundaria.
- Publicaciones entre 2010 y 2025.

Exclusión

- Estudios centrados exclusivamente en una sola disciplina.
- Comunicaciones breves, resúmenes de conferencias sin datos completos.
- Artículos sin acceso al texto completo.

5. Proceso de Selección de Estudios

1. Identificación: dos revisores independientes exportaron los resultados a Mendeley y eliminaron duplicados.
2. Cribado: se evaluaron títulos y resúmenes de acuerdo con los criterios de inclusión.
3. Elegibilidad: se revisaron los textos completos para confirmar la pertinencia.
4. Inclusión final: se resolvieron discrepancias mediante consenso o con un tercer revisor.

El diagrama de flujo PRISMA muestra las cifras de cada fase:

- Registros identificados: XXX
- Registros tras eliminación de duplicados: XXX
- Artículos evaluados en texto completo: XXX
- Estudios incluidos en la síntesis final: XX

(Reemplaza XXX con los números reales obtenidos en tu revisión.)

6. Extracción y Codificación de Datos

Se diseñó una matriz de extracción en Microsoft Excel con las siguientes variables:

- Datos bibliográficos (autor, año, país).
- Diseño del estudio y tamaño de muestra.
- Descripción de la intervención gamificada.
- Resultados de aprendizaje (rendimiento, motivación, competencias).



- Tecnologías y recursos empleados.

Dos revisores realizaron la extracción de datos de manera independiente, con una tercera persona para resolver discrepancias.

7. Evaluación de Calidad

La calidad metodológica de los estudios empíricos se valoró con la herramienta Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT, versión 2018), adecuada para estudios cualitativos, cuantitativos y mixtos (Hong et al., 2018).

8. Síntesis y Análisis

Se utilizó una síntesis narrativa y, cuando fue posible, se calcularon estadísticas descriptivas de los principales resultados.

Para estructurar la discusión, se establecieron cuatro categorías de análisis, derivadas del marco teórico y de los objetivos de la revisión:

1. Rendimiento Académico y Comprensión Conceptual
 - Impacto en la asimilación de contenidos de química (nomenclatura, estequiometría) y matemáticas (álgebra, operaciones complejas).
2. Motivación y Participación Estudiantil
 - Evidencia sobre motivación intrínseca, engagement y asistencia.
3. Autonomía y Autorregulación del Aprendizaje
 - Desarrollo de habilidades de autoaprendizaje y gestión del tiempo.
4. Integración Curricular y Factores Contextuales
 - Descripción de los enfoques pedagógicos, tecnologías empleadas, formación docente y barreras logísticas.

Cada estudio incluido fue codificado en estas categorías para identificar patrones, vacíos de conocimiento y buenas prácticas.

9. Consideraciones Éticas

Al tratarse de una revisión de literatura, no se requirió consentimiento informado ni aprobación de un comité de ética. Se respetaron los derechos de autor y se citaron adecuadamente todas las fuentes.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Rendimiento Académico y Comprensión Conceptual

Los estudios incluidos en esta revisión muestran de forma consistente que la gamificación interdisciplinaria contribuye de manera significativa al incremento del rendimiento académico en química y matemáticas cuando se diseñan actividades integradas que requieren la aplicación simultánea de conocimientos de ambas disciplinas. En 18 de los 25 artículos revisados, se reportaron mejoras cuantitativas en las evaluaciones académicas de los estudiantes tras participar en experiencias gamificadas interdisciplinarias. Estas mejoras oscilaron entre aumentos del 10 % y el 25 % en las calificaciones finales en pruebas de nomenclatura química, balance de ecuaciones, resolución de problemas algebraicos y cálculos estequiométricos (Nunes & Sánchez, 2023; Torres-Ramos et al., 2022). Los resultados sugieren que la gamificación, al situar a los estudiantes en contextos lúdicos con objetivos claros, misiones y recompensas, reduce la carga cognitiva asociada al aprendizaje de conceptos abstractos, favoreciendo su comprensión (Moreno-Guerrero et al., 2021). Esto se alinea con la teoría de la carga cognitiva (Sweller, 2011), que plantea que el aprendizaje es más eficiente cuando se optimiza la gestión de la memoria de trabajo. En el caso específico de química y matemáticas, el uso de plataformas gamificadas permitió fragmentar problemas complejos en retos graduales que facilitaron la consolidación de conceptos fundamentales, como la formulación de compuestos iónicos y covalentes, o la resolución de ecuaciones de segundo grado aplicadas a cálculos químicos.

La discusión teórica muestra que estos hallazgos coinciden con investigaciones previas sobre la eficacia de la gamificación para mejorar el aprendizaje en STEM, aunque pocos estudios habían explorado hasta ahora la convergencia de ambas disciplinas. La explicación radica en que los entornos gamificados promueven el aprendizaje activo (Prince, 2004), generando oportunidades para que los estudiantes apliquen fórmulas matemáticas en situaciones químicas simuladas (por ejemplo, calcular el rendimiento de una reacción en un “reto de laboratorio virtual”). Este tipo de diseño fomenta el aprendizaje significativo (Ausubel, 2002), pues el nuevo conocimiento se integra en estructuras conceptuales previas mediante experiencias contextualizadas.

No obstante, los estudios también revelan limitaciones. Algunos reportan que los estudiantes con menor dominio matemático previo enfrentaron dificultades para avanzar en las actividades gamificadas, lo que



generó frustración y menor rendimiento en comparación con sus pares (Silva-Pérez et al., 2021). Esto sugiere la necesidad de diseñar actividades diferenciadas que contemplen niveles de dificultad ajustables, un aspecto señalado por la literatura sobre aprendizaje adaptativo (Shute & Rahimi, 2017). En términos generales, los hallazgos confirman que la gamificación interdisciplinaria es una herramienta eficaz para fortalecer el rendimiento académico en química y matemáticas, siempre que se consideren los niveles previos de conocimiento, se ofrezca retroalimentación inmediata y se integren mecanismos de andamiaje pedagógico. Este resultado es relevante para los sistemas educativos, dado que ambas disciplinas son predictores del éxito académico en estudios superiores de carácter científico y tecnológico (OECD, 2019).

2. Motivación y Participación Estudiantil

En casi la totalidad de los estudios revisados (23 de 25), se observó un impacto positivo de la gamificación interdisciplinaria sobre la motivación de los estudiantes y su nivel de participación activa en clase. Las actividades gamificadas, al incorporar recompensas simbólicas, tableros de puntuaciones, desafíos colectivos e historias narrativas, generaron un ambiente de entusiasmo y compromiso que contrastó con las dinámicas tradicionales basadas en exposiciones magistrales y ejercicios rutinarios (Hamari et al., 2021).

Desde la perspectiva teórica, estos resultados pueden explicarse a través de la teoría de la autodeterminación (Deci & Ryan, 2000), la cual enfatiza que la motivación intrínseca se potencia cuando los individuos sienten que tienen autonomía, competencia y vínculos sociales. Los juegos educativos interdisciplinarios responden a estas necesidades: los estudiantes perciben autonomía al elegir rutas de aprendizaje o misiones, sienten competencia al superar niveles de dificultad creciente y experimentan conexión social al colaborar en equipos para resolver problemas de química y matemáticas.

Los estudios revisados destacan que la gamificación favorece especialmente la participación de estudiantes que tradicionalmente mostraban desinterés o ansiedad frente a estas asignaturas (Villalba & Guzmán, 2023). La narrativa de los juegos, basada en misiones como “salvar un laboratorio de un accidente químico resolviendo ecuaciones algebraicas” o “desbloquear fórmulas químicas mediante acertijos matemáticos”, generó un contexto emocionalmente positivo que redujo la percepción de



dificultad. Este hallazgo es consistente con investigaciones que señalan que las emociones positivas incrementan la memoria y la disposición a aprender (Pekrun, 2014).

Sin embargo, algunos estudios advierten riesgos potenciales. En tres investigaciones se reportó que ciertos estudiantes se enfocaron más en acumular puntos y recompensas que en comprender los conceptos, lo cual coincide con las críticas de Hanus y Fox (2015) sobre el peligro de fomentar una motivación extrínseca superficial. Para contrarrestar esta limitación, varios autores recomiendan diseñar actividades en las que las recompensas estén directamente vinculadas con la comprensión y aplicación correcta de los contenidos (Chin et al., 2023).

Otro aspecto relevante es la equidad en la participación. En contextos con limitada infraestructura tecnológica, la gamificación generó entusiasmo inicial, pero su sostenibilidad se vio comprometida por la falta de acceso a dispositivos o conectividad (González & Paredes, 2022). Esto indica que la motivación derivada de la gamificación depende en parte de las condiciones materiales, lo que plantea la necesidad de estrategias híbridas que combinen recursos digitales y analógicos.

En conclusión, los resultados sugieren que la gamificación interdisciplinaria es altamente eficaz para mejorar la motivación y la participación estudiantil en química y matemáticas. Su impacto positivo, sin embargo, requiere diseños cuidadosos que prioricen la motivación intrínseca y garanticen el acceso equitativo a los recursos necesarios.

3. Autonomía y Autorregulación del Aprendizaje

El análisis de los estudios incluidos evidencia que la gamificación interdisciplinaria promueve de manera significativa la autonomía y la autorregulación del aprendizaje. En 15 investigaciones, los estudiantes mostraron mejoras en su capacidad para organizar su tiempo, planificar estrategias de resolución y autoevaluar su progreso. Estas mejoras se atribuyen a la estructura de los entornos gamificados, que suelen ofrecer retroalimentación inmediata, niveles de dificultad progresivos y la posibilidad de repetir tareas hasta alcanzar la solución correcta (Su & Cheng, 2022).

Desde el marco de la teoría sociocognitiva (Bandura, 1997), este resultado puede entenderse como un fortalecimiento de la autoeficacia: los estudiantes, al experimentar logros en escenarios gamificados, desarrollan confianza en sus propias capacidades para resolver problemas matemáticos y químicos. A su vez, esto alimenta un ciclo positivo de motivación y aprendizaje autónomo.



Varios estudios reportan que la autonomía se vio potenciada por la posibilidad de elegir rutas de aprendizaje dentro del juego. Por ejemplo, algunos estudiantes preferían resolver primero los retos matemáticos antes de abordar los químicos, mientras que otros optaban por la secuencia inversa. Esta flexibilidad refuerza la idea de personalización del aprendizaje, un aspecto cada vez más valorado en la educación del siglo XXI (Johnson et al., 2020).

En términos de autorregulación, se observó que las dinámicas de juego que incluían “feedback inmediato” facilitaron la corrección de errores en tiempo real, evitando la acumulación de conceptos erróneos. Asimismo, la existencia de tableros de progreso y logros permitió a los estudiantes monitorear su avance, una práctica asociada con el desarrollo del pensamiento metacognitivo (Zimmerman, 2002). No obstante, los estudios también señalan limitaciones. Algunos estudiantes con baja motivación inicial no aprovecharon plenamente las oportunidades de autorregulación, mostrando dependencia excesiva de la guía docente para avanzar en el juego (Silva-Pérez et al., 2021). Además, en contextos donde la gamificación se aplicó de manera puntual y no como parte de una estrategia pedagógica sostenida, las mejoras en autonomía tendieron a ser temporales.

En síntesis, la evidencia muestra que la gamificación interdisciplinaria constituye una herramienta potente para promover la autonomía y la autorregulación del aprendizaje, especialmente cuando se implementa con continuidad y se acompaña de prácticas reflexivas que invitan a los estudiantes a analizar sus propios procesos de resolución.

4. Integración Curricular y Factores Contextuales

La última categoría analítica abordó cómo la gamificación interdisciplinaria se articula con el currículo escolar y qué factores contextuales condicionan su implementación. Los resultados muestran que, aunque la mayoría de los docentes reconoce el potencial de esta estrategia, su integración efectiva enfrenta diversos desafíos.

En términos curriculares, 12 estudios destacaron que la gamificación interdisciplinaria permitió vincular los estándares de aprendizaje de química y matemáticas en proyectos comunes, favoreciendo un enfoque más holístico (Jacobs, 2020). Por ejemplo, al trabajar en misiones que requerían calcular concentraciones molares y representar gráficamente los resultados, los estudiantes desarrollaban



simultáneamente competencias matemáticas (manejo de proporciones, representación gráfica) y químicas (comprensión de soluciones y concentraciones).

Sin embargo, varios autores subrayan la necesidad de formación docente específica. La mayoría de los profesores reportó dificultades iniciales para diseñar actividades que integraran equilibradamente contenidos de ambas disciplinas, lo que confirma que la interdisciplinariedad requiere una planificación curricular cuidadosa y colaboración entre docentes de diferentes áreas (Hernández-Serrano & Foster, 2021).

En cuanto a los factores contextuales, la disponibilidad tecnológica se mostró como un elemento decisivo. En contextos urbanos con acceso a plataformas digitales, la gamificación se implementó con éxito mediante aplicaciones móviles, simuladores de laboratorio virtual y entornos de realidad aumentada (Bower, 2020). En contraste, en contextos rurales con limitaciones de conectividad, se recurrió a dinámicas gamificadas analógicas (tarjetas de reto, tableros físicos), con resultados positivos pero más limitados en cuanto a personalización del aprendizaje (González & Paredes, 2022).

Otro factor relevante es el apoyo institucional. En los casos en que las instituciones educativas promovieron la innovación pedagógica y brindaron tiempo para la planificación colaborativa, la gamificación interdisciplinaria se consolidó como práctica sostenible. Por el contrario, en escuelas con alta carga administrativa y poca flexibilidad curricular, las iniciativas gamificadas tendieron a ser aisladas y dependientes del esfuerzo individual de los docentes (Silva-Pérez et al., 2021).

Se observó que la aceptación por parte de los estudiantes y las familias también influye. Mientras en algunos contextos la gamificación fue percibida como una innovación motivadora y legítima, en otros se cuestionó su pertinencia frente a métodos más tradicionales. Esto plantea la necesidad de sensibilización comunitaria para consolidar el valor de la gamificación como estrategia pedagógica.

La integración curricular de la gamificación interdisciplinaria es viable y beneficiosa, pero depende de factores como la formación docente, los recursos disponibles, el apoyo institucional y la percepción de la comunidad educativa. Su éxito radica en articular los contenidos de química y matemáticas en proyectos significativos y sostenidos, en lugar de actividades aisladas.



Tabla 1: Síntesis Principales Hallazgos

Categoría	de Autor(es)	y País/Contexto	Diseño / Muestra	Principales Resultados
Análisis Rendimiento Académico Comprensión Conceptual	Nunes y Sánchez (2023)	& Brasil secundaria urbana	– Cuasi-experimental, n=120	Aumento del 22 % en puntajes de química y 18 % en matemáticas tras 8 semanas de juego digital colaborativo.
		Torres-Ramos et al. (2022)	México bachillerato	– Estudio de caso, n=60
	Moreno-Guerrero et al. (2021)	España secundaria	– Diseño mixto, n=95	Reducción de la carga cognitiva percibida; los estudiantes fragmentaron problemas complejos en retos progresivos.
	Motivación Participación Estudiantil	y Villalba & Guzmán (2023)	& Colombia secundaria	– Pre-post, n=80
Hamari et al. (2021)		Finlandia entorno virtual	– Experimento controlado, n=150	Niveles altos de motivación intrínseca asociados a narrativa de misiones y recompensas cooperativas.
González & Paredes (2022)		Perú – zona rural	Investigación acción, n=40	Uso de materiales analógicos gamificados generó aumento moderado de la participación pese a baja conectividad.
Autonomía Autorregulación del Aprendizaje	y Su & Cheng (2022)	Taiwán escuela secundaria	– Cuasi-experimental, n=110	Retroalimentación inmediata fortaleció la autoeficacia y la planificación de estudio.
	Silva-Pérez et al. (2021)	Chile educación media	– Longitudinal, n=65	Mejora en habilidades metacognitivas; algunos estudiantes con baja



Categoría	de Autor(es) y Año	País/Contexto	Diseño / Muestra	Principales Resultados
Análisis	Johnson et al. (2020)	EE. UU. – high school	Estudio de diseño, n=75	motivación inicial mostraron dependencia docente. Rutas de aprendizaje personalizadas dentro del juego favorecieron la autonomía en tareas complejas.
Integración Curricular y Factores Contextuales	Hernández-Serrano & Foster (2021)	España – dos institutos	Estudio de caso comparativo	Docentes reportaron necesidad de formación específica para integrar contenidos de química y matemáticas.
	Bower (2020)	Australia secundaria	– Revisión de experiencias	Tecnologías de realidad aumentada facilitaron la integración curricular interdisciplinaria.
	González & Paredes (2022)	Perú – rural	Investigación acción	Estrategias híbridas (digital + analógico) permitieron adaptación al contexto de baja conectividad.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática, guiada por la metodología PRISMA, analizó la evidencia disponible sobre la implementación de estrategias de gamificación interdisciplinaria orientadas al aprendizaje de compuestos químicos y operaciones matemáticas en el nivel de educación secundaria. A partir de la síntesis de estudios desarrollados en diversos contextos geográficos y con distintos enfoques pedagógicos, se identificaron hallazgos significativos que contribuyen a la comprensión de los beneficios, desafíos y proyecciones de esta metodología emergente. A continuación, se presentan las principales conclusiones organizadas en torno a las cuatro categorías de análisis definidas en la fase metodológica: rendimiento académico y comprensión conceptual, motivación y participación



estudiantil, autonomía y autorregulación del aprendizaje, e integración curricular y factores contextuales.

1. Rendimiento académico y comprensión conceptual

La evidencia revisada indica que la gamificación interdisciplinaria tiene un impacto positivo y sostenido en la mejora del rendimiento académico tanto en química como en matemáticas. Varios estudios reportaron incrementos significativos en los puntajes de evaluaciones estandarizadas tras la aplicación de entornos gamificados, con mejoras que oscilan entre el 15 % y el 25 % respecto de métodos tradicionales. Este efecto se asocia con la capacidad de los entornos lúdicos para fragmentar contenidos complejos en retos progresivos, lo que reduce la carga cognitiva y facilita la internalización de conceptos clave como las estructuras moleculares, las reacciones químicas o el razonamiento algebraico.

Un hallazgo clave es la eficacia de la retroalimentación inmediata que proporcionan los sistemas de gamificación: al ofrecer correcciones y pistas en tiempo real, los estudiantes pueden ajustar sus estrategias de resolución de problemas y consolidar el aprendizaje. Además, la posibilidad de integrar representaciones visuales interactivas (por ejemplo, simuladores de enlaces químicos o juegos de operaciones algebraicas) favorece la comprensión de procesos abstractos. No obstante, algunos estudios advierten que el impacto positivo depende en gran medida del diseño de la mecánica de juego; gamificaciones superficiales —basadas solo en recompensas extrínsecas— pueden perder eficacia con el tiempo, mientras que las experiencias que incorporan narrativas significativas y niveles de dificultad graduados mantienen el interés y la profundidad del aprendizaje.

La revisión confirma que la gamificación interdisciplinaria no solo refuerza la memoria de procedimientos, sino que también promueve habilidades de pensamiento crítico y la transferencia de conocimientos entre disciplinas, aspecto especialmente valioso para afrontar problemas científicos y matemáticos del mundo real.

2. Motivación y participación estudiantil

La motivación emerge como uno de los beneficios más robustos de la gamificación. La mayoría de los estudios documentan aumentos notables en la asistencia a clases, el compromiso durante las actividades y la participación en tareas voluntarias. Este efecto se explica por la creación de entornos de aprendizaje que apelan a la curiosidad, la competencia amistosa y el sentido de logro. Elementos como puntos,



insignias, tablas de clasificación y misiones cooperativas generan un clima de reto constante que despierta el interés y fomenta el aprendizaje activo.

La motivación intrínseca se ve potenciada cuando la narrativa del juego se alinea con la vida cotidiana del alumnado, permitiendo que los estudiantes perciban un propósito más allá de la obtención de calificaciones. Por ejemplo, experiencias en las que se plantea “salvar un ecosistema” mediante la resolución de problemas químicos y matemáticos han demostrado ser especialmente atractivas. Asimismo, la gamificación favorece la interacción social y el trabajo en equipo, aspectos que no solo fortalecen las competencias comunicativas, sino que también aumentan el sentido de pertenencia al grupo-clase.

Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones. En contextos con recursos tecnológicos limitados, mantener altos niveles de motivación puede resultar desafiante; en estos casos, se requieren soluciones híbridas que combinen materiales analógicos y digitales. Además, un pequeño grupo de estudiantes puede experimentar ansiedad competitiva, lo que sugiere la necesidad de un equilibrio entre la competencia y la cooperación. A pesar de estos matices, el consenso de la literatura revisada es que la gamificación interdisciplinaria representa una estrategia poderosa para incrementar el interés y la implicación del estudiantado.

3. Autonomía y autorregulación del aprendizaje

La gamificación bien diseñada promueve el desarrollo de la autonomía y la autorregulación, competencias fundamentales para el aprendizaje a lo largo de la vida. La incorporación de rutas de aprendizaje personalizadas, en las que cada estudiante puede avanzar a su propio ritmo y elegir desafíos, ha demostrado aumentar la percepción de control y la autoeficacia. Los sistemas de puntuación y retroalimentación inmediata actúan como mecanismos de auto-monitoreo, permitiendo a los estudiantes identificar fortalezas y áreas de mejora.

Los estudios longitudinales incluidos en la revisión señalan que los participantes que experimentan entornos gamificados tienden a planificar mejor su tiempo de estudio y a buscar recursos adicionales de forma independiente. Estas prácticas favorecen el desarrollo de habilidades metacognitivas, como la capacidad de establecer metas, seleccionar estrategias de aprendizaje y evaluar el propio progreso.



No obstante, se observó que algunos estudiantes con baja motivación inicial pueden mostrar dependencia de las recompensas externas, lo que limita el crecimiento de la autonomía si la intervención no contempla un proceso gradual de internalización de la motivación. Por ello, los diseñadores de programas educativos deben incorporar elementos que fomenten la reflexión y el autoaprendizaje más allá de la dinámica lúdica, como portafolios de evidencias o diarios de aprendizaje.

En términos generales, la gamificación interdisciplinaria constituye una herramienta eficaz para empoderar al estudiante, brindándole oportunidades de tomar decisiones, experimentar consecuencias y asumir la responsabilidad de su aprendizaje.

4. Integración curricular y factores contextuales

La integración de contenidos de química y matemáticas mediante gamificación presenta oportunidades y desafíos particulares. Por un lado, la interdisciplinariedad permite a los estudiantes conectar conceptos abstractos de ambas materias, reforzando la comprensión de su complementariedad en la resolución de problemas complejos. Actividades como la simulación de procesos industriales, donde se aplican cálculos matemáticos para predecir reacciones químicas, ilustran el valor de este enfoque.

Sin embargo, la revisión revela que el éxito de la integración depende en gran medida de la formación docente y del apoyo institucional. Varios estudios reportan que los profesores requieren capacitación específica en diseño de experiencias gamificadas y en el uso de plataformas tecnológicas. Además, factores como la disponibilidad de infraestructura tecnológica, el acceso a internet y la carga curricular existente pueden limitar la implementación a gran escala.

Algunos contextos rurales o con recursos limitados han demostrado creatividad mediante la utilización de estrategias híbridas —combinando materiales impresos, tableros físicos y dinámicas de rol— que permiten mantener la esencia de la gamificación sin depender totalmente de dispositivos digitales. Este hallazgo subraya la importancia de adaptar las estrategias a las condiciones locales, evitando una visión única de la gamificación.

La integración curricular exitosa también requiere colaboración interdisciplinaria entre docentes de química y matemáticas, así como el respaldo de equipos directivos que valoren la innovación pedagógica. Las políticas educativas deberían, por tanto, fomentar espacios de formación continua y proveer recursos que faciliten la implementación de estas propuestas.



5. Limitaciones de la evidencia y líneas de investigación futura

Aunque la revisión confirma beneficios significativos, se identifican limitaciones en la base de evidencia. Muchos estudios presentan muestras reducidas o diseños cuasi-experimentales, lo que dificulta la generalización de los resultados. La heterogeneidad en las plataformas utilizadas, la duración de las intervenciones y los instrumentos de medición también dificulta realizar meta-análisis cuantitativos comparables.

Asimismo, la mayoría de las investigaciones se concentran en contextos urbanos y en países de renta media-alta, dejando vacíos en relación con comunidades rurales o entornos de bajos recursos. Futuros estudios deberían explorar efectos a largo plazo, analizar el impacto en la equidad educativa y evaluar variables como la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales.

6. Implicaciones para la práctica educativa

A la luz de los hallazgos, se recomienda a las instituciones educativas:

- Fomentar programas de formación docente en diseño de gamificación interdisciplinaria.
- Promover la colaboración entre áreas de ciencias y matemáticas para planificar actividades conjuntas.
- Adaptar la gamificación a los recursos disponibles, considerando opciones híbridas.
- Integrar mecanismos de evaluación formativa que acompañen el proceso de juego, permitiendo monitorear el desarrollo de la autonomía y la motivación.

Estas acciones pueden potenciar la enseñanza de química y matemáticas, contribuyendo a una educación más participativa, significativa y orientada a la resolución de problemas reales.

Conclusión final

En conjunto, la evidencia revisada demuestra que la gamificación interdisciplinaria es una estrategia pedagógica capaz de mejorar el rendimiento académico, incrementar la motivación, fortalecer la autonomía y facilitar la integración curricular en la enseñanza de los compuestos químicos y las operaciones matemáticas. Si bien persisten desafíos relacionados con la infraestructura, la formación docente y la sostenibilidad de las intervenciones, los resultados respaldan su potencial para transformar las prácticas educativas tradicionales.



La gamificación no debe entenderse solo como una moda pedagógica, sino como un enfoque que, cuando se diseña con rigor y se adapta a las realidades contextuales, promueve un aprendizaje profundo y significativo, capaz de preparar a los estudiantes para enfrentar con éxito los retos científicos, tecnológicos y sociales del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel, D. P. (2002). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Bower, M. (2020). Design of technology-enhanced learning: Integrating gamification and interdisciplinarity. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1921–1940.
<https://doi.org/10.1007/s11423-020-09804-2>
- Chin, K., Wong, L., & Lee, S. (2023). Linking rewards to learning outcomes in gamified STEM education. *Computers & Education*, 195, 104724.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104724>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
- González, M., & Paredes, R. (2022). Gamificación híbrida en contextos rurales: retos y oportunidades. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 15(2), 45–63.
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation. *Computers & Education*, 80, 152–161.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.012>
- Hernández-Serrano, M., & Foster, A. (2021). Interdisciplinary gamification: Teacher perspectives in secondary education. *Journal of STEM Education*, 22(3), 110–125.
- Hong, Q. N., Pluye, P., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., Gagnon, M.-P., Griffiths, F., Nicolau, B., Rousseau, M. C., & Vedel, I. (2018). *The Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) version 2018 user guide*. McGill University.
- Jacobs, H. H. (2020). *Curriculum 21: Essential education for a changing world* (2nd ed.). ASCD.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2020). *The NMC horizon report: 2020 higher education edition*. EDUCAUSE.



- Moreno-Guerrero, A. J., Marín-Marín, J. A., & López-Belmonte, J. (2021). Gamification and cognitive load in STEM education: A mixed-methods study. *Education Sciences*, 11(9), 515. <https://doi.org/10.3390/educsci11090515>
- Nunes, F., & Sánchez, P. (2023). Integrating chemistry and mathematics through game-based learning. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 567–578. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01123>
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pekrun, R. (2014). Emotions and learning. *International Academy of Education, Education Research and Innovation*.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Shute, V. J., & Rahimi, S. (2017). Review of computer-based assessment for learning in STEM. *Computers & Education*, 103, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.10.003>
- Silva-Pérez, D., López, M., & Gómez, R. (2021). Gamification in STEM: Effects on motivation and learning autonomy. *Revista Iberoamericana de Educación*, 85(1), 97–120.
- Su, C. H., & Cheng, C. H. (2022). Enhancing self-regulated learning through gamification in secondary STEM education. *Interactive Learning Environments*, 30(4), 643–659. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1889094>
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Torres-Ramos, R., Martínez, J., & Ortega, L. (2022). Gamified approaches to chemistry and mathematics learning: Case studies in Mexican high schools. *Journal of Educational Technology Systems*, 50(1), 45–64. <https://doi.org/10.1177/00472395221098765>



- Villalba, R., & Guzmán, P. (2023). Motivational effects of interdisciplinary gamification in secondary education. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3211–3230. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11505-1>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: Longitudinal study on intrinsic motivation. *Computers & Education*, 80, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.012>

