

¿Apuestas al rendimiento?: una experiencia de aprendizaje gamificada sobre los factores que influyen en el equilibrio químico en un aula universitaria

Bet on Yield? A Gamified Learning Experience on the Factors Influencing Chemical Equilibrium in a University Classroom

Jacqueline Herrera-Núñez¹

Resumen

La gamificación se ha consolidado como una estrategia eficaz para incrementar la motivación y favorecer la comprensión de conceptos complejos. Este artículo presenta el diseño y la validación preliminar del juego *¿Apuestas al rendimiento?*, desarrollado con el objetivo de fortalecer la comprensión de los factores que influyen en el equilibrio químico en estudiantes de primer ingreso de carreras de ingeniería. El proceso se llevó a cabo en tres fases. La primera consistió en la validación del contenido y de las mecánicas del juego por parte de personas docentes expertas, quienes aportaron recomendaciones para su ajuste conceptual. Las dos fases posteriores correspondieron a la aplicación piloto del juego con estudiantes del curso *Química Básica 2* del Instituto Tecnológico de Costa Rica, durante los segundos semestres de 2023 y 2024. La jugabilidad se evaluó a partir de dos atributos: la efectividad, definida como el cociente entre retos logrados y retos propuestos, y la satisfacción estudiantil, medida mediante la percepción del aprendizaje y la dificultad percibida, a través de escalas tipo Likert. En 2023 se obtuvo una efectividad promedio del 58%, mientras que en 2024, tras la incorporación de nuevas mecánicas, esta aumentó al 83%. Asimismo, se observó un incremento en la percepción de aprendizaje y una mejor distribución de la dificultad percibida. Estos resultados refuerzan el potencial de la gamificación como herramienta pedagógica para promover el aprendizaje activo y la apropiación de conceptos científicos complejos.

Palabras clave: gamificación educativa, equilibrio químico, aprendizaje activo, enseñanza de la química y juegos didácticos.

Abstract

Gamification has become an effective strategy for increasing motivation and fostering the understanding of complex concepts. This article presents the design and preliminary validation of the game "Do You Bet on Performance?", developed with the aim of strengthening first-year engineering students' understanding of the factors that influence chemical equilibrium. The process was carried out in three phases. The first phase involved the validation of the game's content and mechanics by expert instructors, who provided recommendations for conceptual refinement. The two subsequent phases consisted of pilot implementations of the game with students enrolled in the course Basic Chemistry 2 at the Costa Rica Institute of Technology during the second semesters of 2023 and 2024. Playability was evaluated using two attributes: effectiveness, defined as the ratio of challenges completed to challenges proposed, and student satisfaction, measured through perceived learning and perceived difficulty using Likert-type scales. In 2023, an average effectiveness of 58% was obtained, while in 2024, after the incorporation of new mechanics, this figure increased to 83%. An increase in perceived learning and a more balanced distribution of perceived difficulty were also observed. These results reinforce the potential of gamification as a pedagogical tool to promote active learning and support the appropriation of complex scientific concepts..

Keywords : educational gamification, chemical equilibrium, active learning, chemistry education and educational games.

CÓMO CITAR:

Herrera-Núñez, J. (2026, enero-marzo). *¿Apuestas al rendimiento?: una experiencia de aprendizaje gamificada sobre los factores que influyen en el equilibrio químico en un aula universitaria*. *Educación Química*, 37(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2026.1.89819>

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Introducción

La enseñanza de la química a nivel universitario ha evolucionado en los últimos años en respuesta a las necesidades y expectativas de una nueva generación de estudiantes. Las generaciones actuales, con un acceso constante a la tecnología y a estímulos digitales, presentan desafíos únicos para mantener la atención y el compromiso en entornos de aprendizaje más tradicionales. El sistema de atención del cerebro humano responde mejor cuando los estudiantes están involucrados en actividades que requieren interacción y toma de decisiones (Petersen & Posner, 2012). Estas actividades activan redes neuronales relacionadas con la concentración y la motivación, lo que sugiere que los juegos pueden ser una herramienta efectiva para mejorar la retención y el procesamiento de información compleja (Theeuwes, 2010; Theeuwes & Godijn, 2001).

Algunos estudios han mostrado que la falta de motivación y compromiso está relacionada directamente con una disminución en el rendimiento académico y en la retención de conocimientos en cursos de química, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias pedagógicas innovadoras que aumenten la participación y el interés de los estudiantes (Ferrell et al., 2016; Jaramillo-Mediavilla et al., 2024). De hecho, las mismas y otras investigaciones han confirmado que la gamificación, al crear un entorno más interactivo, facilita la retención de conocimientos y mejora habilidades cognitivas, sociales y colaborativas, lo que resulta en un mejor desempeño académico (Ferrell et al., 2016; Leitão et al., 2022).

Una de las estrategias emergentes es la gamificación, que utiliza elementos y dinámicas de juego para fomentar la motivación y el aprendizaje profundo. La gamificación ha demostrado ser especialmente útil en la enseñanza de ciencias, donde los conceptos abstractos y teóricos pueden ser difíciles de asimilar a través de métodos tradicionales (Chans & Portuguez-Castro, 2021; Kalogiannakis et al., 2021). Diversas investigaciones señalan que la incorporación de juegos en la educación científica no solo mejora el rendimiento académico, sino que también promueve un aprendizaje colaborativo y fomenta habilidades de resolución de problemas en los estudiantes (Leitão et al., 2022). Además, la gamificación ha mostrado ser eficaz para mejorar la retención a largo plazo de conceptos complejos en química (Hallal & Tlais, 2023).

En el contexto de la enseñanza de la química, la gamificación también puede ser una herramienta clave para enfrentar la apatía o el desinterés de los estudiantes. Los juegos no solo captan la atención de los estudiantes, sino que también promueven una mayor participación y motivación al permitirles aplicar conocimientos teóricos en escenarios prácticos (Byusa et al., 2022). El uso de estrategias de gamificación ha mostrado ser particularmente efectivo para reducir el desinterés y mejorar el compromiso de los estudiantes con las ciencias (Manzano-León et al., 2023). Estos elementos de juego, al ser diseñados con objetivos educativos específicos, no solo hacen que el aprendizaje sea más atractivo, sino que también refuerzan los conocimientos adquiridos de manera más significativa.

Este artículo presenta una experiencia basada en el diseño y la implementación preliminar del juego *¿Apuestas al rendimiento?*, cuyo objetivo es que los estudiantes comprendan los factores que afectan el equilibrio químico de manera lúdica. Los resultados preliminares muestran un aumento significativo en la participación activa de los estudiantes

dentro el aula y la capacidad de tomar decisiones informadas en situaciones experimentales simuladas. A través de este enfoque, se destacan las ventajas de la gamificación como una herramienta eficaz para captar la atención y promover el pensamiento crítico en la enseñanza de la química.

Metodología

El desarrollo del juego se llevó a cabo en varias etapas consecutivas, con el objetivo de validar su uso como herramienta didáctica y mejorar su jugabilidad.

Etapa 1: Diseño y validación del prototipo

El juego fue diseñado como una estrategia gamificada para promover la comprensión de los factores que afectan el equilibrio químico: presión, concentración y temperatura. El prototipo inicial fue desarrollado con base en el programa del curso *Química Básica 2* impartido en la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica para personas estudiantes de carreras de ingeniería. Para esta versión preliminar, los componentes del juego fueron elaborados con papel y cartulina.

Antes de su aplicación con estudiantes, el prototipo fue validado por dos personas docentes, expertas en los contenidos que se abordan en el juego. Esta validación consistió en una sesión presencial de revisión, donde se analizó la claridad de las reglas, la adecuación de los contenidos al nivel académico del estudiantado y el balance entre los roles asignados a cada jugador mediante varias simulaciones de juego.

A continuación se realizará una descripción de los componentes y la dinámica del juego a fin de que la discusión de resultados sea más fácil de comprender.

A. Componentes del juego

El juego cuenta con una variedad de elementos físicos diseñados para representar de forma concreta y manipulativa los conceptos de equilibrio químico. A continuación se detallan los componentes:

1. *Tablero principal*: Superficie de juego común donde se representa la reacción química de cada ronda. Contiene dos zonas diferenciadas: Zona de Reacción, donde se arma la ecuación química que deberá ser analizada (cuenta con espacio para tres reactivos y tres productos), y otra llamada Zona de Apuesta, donde se coloca la ficha de rendimiento, que indicará si la reacción presenta un cambio en el rendimiento tras la perturbación.
2. *Cartas R/P*: Conjunto de 6 cartas con letras mayúsculas (A, B, C, D, E, F) que representan especies químicas hipotéticas. Se utilizan para construir la reacción de cada ronda, diferenciando reactivos y productos según el orden establecido por la carta de casino.
3. *Losetas dEstado*: 24 losetas que representan el estado de agregación de las sustancias. Hay 6 losetas para cada estado físico: sólido (s), líquido (l), acuoso (ac) y gaseoso (g). Estas se colocan junto a las cartas R/P para indicar el estado correspondiente de cada sustancia en la reacción.
4. *Dados CoEf*: Seis dados numéricos que permiten asignar coeficientes estequiométricos a las cartas R/P. En el contexto del juego, los coeficientes pueden

asumir únicamente valores del 1 al 6, representando relaciones estequiométricas entre las especies químicas.

5. *Loseta de calor (Δ)*: Una loseta con el símbolo delta (Δ) que se desliza hacia el lado de los reactivos o productos para indicar si la reacción es endotérmica (calor en los reactivos) o exotérmica (calor en los productos). Esta decisión incide en cómo se ve afectado el equilibrio ante cambios de temperatura.
6. *Cartas de perturbación*: Conjunto de 24 cartas que proponen diferentes perturbaciones al equilibrio químico. Ejemplos incluyen el aumento de presión, el incremento en la concentración del reactivo A, entre otras. Cada jugador recibe una de estas cartas al inicio de la ronda y debe actuar en consecuencia.
7. *Cartas de casino*: 24 cartas que definen las condiciones iniciales mínimas que debe cumplir la reacción para iniciar la ronda. Estas condiciones deben ser respetadas por todas las personas jugadoras antes de realizar sus apuestas, pero no representan restricciones absolutas. Por ejemplo, si una carta de casino indica: “La reacción debe tener dos reactivos y al menos uno debe ser gaseoso”, esto significa que el jugador inicial debe colocar exactamente dos reactivos, pero puede colocar hasta tres productos (el máximo permitido por el juego) y puede decidir que uno, varios o todos los compuestos (reactivos o productos) sean gaseosos, siempre que al menos uno lo sea.
8. *Monedas*: Fichas que representan los puntos de victoria. Se asignan a los jugadores o equipos que acierten en la predicción del rendimiento (aumenta, disminuye o no cambia) según sea su carta de perturbación. Cada jugador inicia con tres monedas.
9. *Ficha de Nobel*: Token de jugador inicial de la ronda. Esta ficha gira o rota en sentido antihorario al finalizar cada ronda, garantizando que cada participante tenga la oportunidad de comenzar.
10. *Fichas de rendimiento*: Tres tokens distintos que indican si, tras aplicar la perturbación, el rendimiento de la reacción aumenta, disminuye o permanece constante. Esta evaluación permite obtener puntos adicionales según las reglas de puntuación del juego.
11. *Cartas de habilidades especiales*: Este componente fue incorporado a partir de la Fase 3 del proyecto, tras la segunda aplicación con estudiantes en 2024. Las cartas de habilidades especiales permiten a un jugador o equipo cambiar, evitar o eludir una condición previamente definida (por ejemplo, el estado de agregación, un coeficiente o el orden de las especies), con el objetivo de ajustar la carta de perturbación con la apuesta de rendimiento realizada. Estas cartas solo afectan al jugador o equipo que las utiliza, y su uso es estratégico. Cada jugador elige 3 cartas al inicio de la partida, se puede utilizar una sola carta por ronda y cada carta puede utilizarse una única vez por juego. El uso de estas habilidades se realiza después de la fase principal, en un momento especial habilitado para ello dentro de cada ronda.

En la Figura 1 se muestran esquemáticamente los componentes básicos del juego, con excepción de las cartas de habilidades especiales cuya incorporación se realizó hasta la Etapa 3 de este estudio, respondiendo a las observaciones estudiantiles que identificaban la necesidad de mayor dinamismo y flexibilidad en la toma de decisiones. Su implementación mejoró la percepción de equidad en la experiencia de juego.

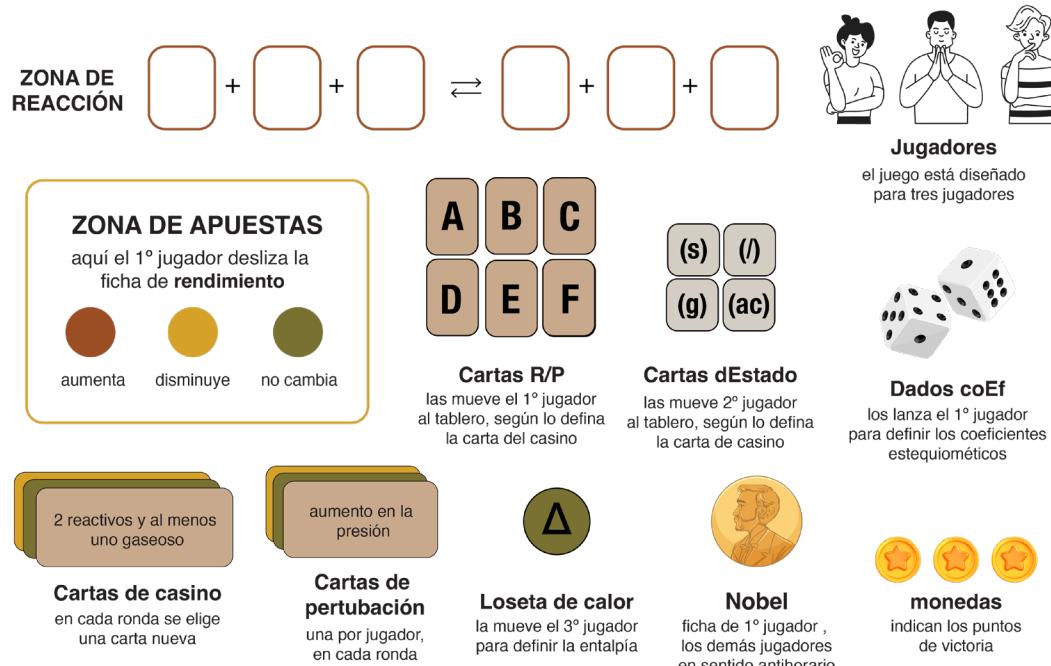


FIGURA 1. Componentes básicos del juego.

B. Dinámica del juego

El juego fue diseñado para tres jugadores o equipos, quienes participarán en tres rondas consecutivas. En cada ronda, cada participante asume un rol específico, el cual se rota en sentido antihorario. Esta dinámica garantiza que cada jugador o equipo desempeñe una vez cada uno de los tres roles establecidos en el juego, asegurando así una participación equitativa y variada a lo largo de la partida.

Durante una ronda del juego, se sigue la siguiente secuencia de fases:

1. Fase de apuestas

- Jugador 1 (inicial): toma una carta de casino y una carta de perturbación. Con esta información, construye una reacción hipotética en el tablero utilizando las cartas R/P, asigna coeficientes estequiométricos lanzando los dados CoEf y organiza las cartas en la zona de reacción, respetando las condiciones mínimas establecidas por la carta de casino. Estas condiciones le otorgan cierto margen de decisión: por ejemplo, si se solicita un mínimo de dos reactivos, puede decidir cuántos productos incluir (hasta el máximo permitido) o si desea que más de una sustancia esté en estado gaseoso, si así lo prefiere. Finalmente, realiza su apuesta sobre el rendimiento, colocando una ficha que indique si la perturbación asignada provocará un aumento, disminución o ningún cambio en el rendimiento de la reacción. Con esta acción finaliza su turno.
- Jugador 2: toma una carta de perturbación y define el estado de agregación (sólido, líquido, gas, acuoso) de cada especie química de la reacción propuesta por el Jugador 1. Para ello, coloca losetas de estado junto a las cartas R/P, procurando que sus decisiones favorezcan tanto su perturbación asignada como las condiciones indicadas por la carta de casino.

- c) Jugador 3: toma una carta de perturbación y define si la reacción es endotérmica o exotérmica, colocando la loseta de calor del lado de los reactivos (para endotérmica) o del lado de los productos (para exotérmica), según su conveniencia estratégica.
2. Fase de resolución: Una vez completadas las decisiones de los tres jugadores, se analiza si la apuesta al rendimiento realizada por cada uno es coherente con el principio de Le Chatelier, considerando las condiciones definidas por el resto de los jugadores.
 3. Fase de habilidades especiales (*incorporada en la Etapa 3 del estudio*): A partir de la tercera etapa del estudio, se agregó una fase de habilidades especiales, donde cada jugador puede usar una de las tres cartas de habilidad que recibió al inicio del juego. Estas cartas permiten modificar o eludir alguna condición previamente establecida (estado, coeficiente, tipo de reacción, etc.) con el fin de ajustar la reacción a su favor y mejorar la coherencia entre la perturbación y su apuesta para garantizar ganarla. Cada carta puede usarse solo una vez por partida, y una sola carta por ronda. Esta etapa no fue ejecutada en el aplicación del piloto en 2023.
 4. Fase de puntuación: se otorga una moneda a los jugadores que acierten en su predicción del cambio en el rendimiento. Quienes fallen, deben pagar una moneda. Estas monedas representan los puntos de victoria acumulativos del juego.

El juego concluye después de la ronda 3, y el equipo con más monedas acumuladas, reflejando las apuestas más exitosas, es declarado ganador. Los empates son amistosos y los jugadores en esta condición se estrecharán las manos.

Etapa 2: Aplicación piloto del prototipo inicial

El juego fue implementado por primera vez con estudiantes en una prueba piloto realizada durante el segundo semestre de 2023, con el objetivo de evaluar la jugabilidad del prototipo inicial. Esta aplicación permitió observar el comportamiento del juego en un entorno real, identificar fortalezas y detectar oportunidades de mejora. La retroalimentación estudiantil recopilada en esta etapa sirvió como insumo para realizar ajustes al diseño del juego, particularmente en relación con el balance de los roles que desempeña cada jugador.

La jugabilidad se evaluó mediante dos atributos: la efectividad y la satisfacción. La efectividad se calculó como el cociente entre el número de retos completados exitosamente y el número total de retos enfrentados. En la evaluación de la satisfacción del juego se aplicó una escala de Likert de 5 puntos para valorar dos parámetros: la percepción de dificultad del juego y la percepción de aprendizaje alcanzado tras la experiencia lúdica. Esta información se recogió mediante un formulario anónimo al finalizar la sesión de juego. Las escalas utilizadas se muestran en la Tabla 1.

Escala Likert	Percepción de dificultad	Percepción de aprendizaje
1	Muy fácil	No aprendí nada nuevo
2	Fácil	Aprendí poco
3	Moderada	Aprendí lo esperado
4	Difícil	Aprendí más de lo esperado
5	Muy difícil	Aprendí significativamente más de lo esperado

TABLA 1. Escala Likert utilizada para medir la percepción de dificultad y aprendizaje en el juego.

En esta prueba participaron tres equipos, cada uno conformado por cuatro estudiantes del curso *Química Básica 2*, para un total de 12 participantes. Cada equipo jugó de forma simultánea durante cuatro rondas, enfrentando distintas perturbaciones del equilibrio químico en cada una. Aunque el juego está diseñado originalmente para tres rondas, se incluyó una ronda adicional de familiarización al inicio, con el objetivo de que las personas participantes pudieran adaptarse a la dinámica.

Al finalizar el juego, se llevó a cabo una reflexión grupal, donde los estudiantes discutieron los errores cometidos, los aciertos logrados y proporcionaron recomendaciones para mejorar el diseño del juego.

Etapa 3: Rediseño y aplicación del prototipo mejorado

Con base en la retroalimentación obtenida durante la primera prueba piloto, se realizaron ajustes significativos al diseño del juego, lo que dio lugar a un prototipo mejorado. Esta versión fue evaluada mediante una segunda prueba piloto llevada a cabo en el segundo semestre de 2024. En esta ocasión, participaron tres equipos, cada uno conformado por tres estudiantes del curso *Química Básica 2* del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para un total de nueve participantes.

Al igual que en la etapa anterior, se evaluó la efectividad del juego mediante la proporción de retos resueltos correctamente, y la satisfacción estudiantil a través de una escala de Likert que valoraba la percepción de dificultad y de aprendizaje. No obstante, esta segunda aplicación con estudiantes permitió valorar no solo la experiencia de juego, sino también el impacto directo de las mejoras implementadas en la dinámica, particularmente en términos de equilibrio entre los roles.

Entre las principales observaciones del estudiantado en 2023, se destacó la necesidad de mejorar el balance del juego. Señalaron que el Jugador 1 tenía mayor control sobre la dinámica general, al ser quien definía la reacción, los coeficientes estequiométricos y la apuesta de rendimiento. Esto le otorgaba una ventaja estratégica sobre los Jugadores 2 y 3, aunque reconocían que también implicaba mayor riesgo de fallar en su predicción. A partir de este análisis, el grupo piloto propuso dos mejoras clave:

1. *Rotación sistemática de roles*: garantizar que cada participante asumiera todos los roles al menos una vez durante la partida, para equilibrar las oportunidades de intervención.
2. *Creación de un sistema de habilidades especiales*: introducir habilidades que permitiera a los jugadores modificar, rechazar o ajustar condiciones definidas por otros jugadores, con el fin de alinear su apuesta al rendimiento con la perturbación elegida.

Estas sugerencias condujeron al diseño de un nuevo componente del juego: el mazo de cartas de habilidades especiales, el cual fue incorporado en la versión 2024 y se encuentra descrito en los componentes del juego. Estas cartas permiten realizar acciones especiales en una nueva fase de juego —como cambiar un estado de agregación, intercambiar productos y reactivos o revertir cualquier decisión tomada en la fase de apuestas— que pueden utilizarse solo una vez por ronda.

Alcances y limitaciones

Esta experiencia de aprendizaje se centró en el diseño y las validaciones preliminares de los prototipos del juego con estudiantes, enfocándose principalmente en la evaluación de su jugabilidad desde la perspectiva de la efectividad de la herramienta y la satisfacción por parte de los estudiantes. Sin embargo, no se llevó a cabo un estudio de tipo pre- y post-test que pudiera medir el impacto directo de la intervención en términos de comprensión de contenido, adquisición de conocimientos y aplicación de los conceptos involucrados al analizar factores que afectan el equilibrio químico.

En el futuro se espera que el juego entre en una fase de rediseño, con el objetivo de mejorar la calidad de sus componentes y contar con una versión completa y optimizada, lista para ser evaluada e implementada como parte de los materiales de estudio del curso.

Resultados y discusión

Esta sección presenta los hallazgos obtenidos durante la implementación piloto del juego *¿Apuestas al rendimiento?*, desarrollada en dos momentos consecutivos: el II semestre de 2023 y el II semestre de 2024. A través de un enfoque cualitativo y cuantitativo, se analizan aspectos clave de la jugabilidad, incluyendo la dinámica de una ronda completa, la efectividad alcanzada por los grupos al completar los retos, y las percepciones estudiantiles sobre el aprendizaje y la dificultad del juego. Los resultados permiten identificar cómo la evolución del prototipo —a partir de la retroalimentación estudiantil— impactó positivamente en la comprensión de los factores que afectan el equilibrio químico y en la calidad de la experiencia lúdico-pedagógica.

En la Figura 2 se muestra el desarrollo de la segunda ronda en la aplicación piloto del 2023, siguiendo la secuencia de acciones detallada en la metodología. La **Jugadora 1** inicia su turno tomando una carta de casino, la cual establece la siguiente condición para la reacción: “*Debe tener al menos dos reactivos y dos productos, de los cuales uno debe ser gaseoso*”. Luego, recibe una carta de perturbación que indica un “*aumento en la presión*”. En respuesta, selecciona dos cartas de reactivos (A y B) y dos de productos (C y D), lanza cuatro dados —uno por cada sustancia— y asigna los valores para definir la estequiometría de la reacción como 3:1:2:1, construyendo así la ecuación $3A + B \rightleftharpoons 2C + D$. Para completar su jugada, define en la zona de apuestas que el rendimiento de la reacción disminuirá ante un aumento de presión, y coloca la ficha amarilla en la casilla correspondiente. Hasta este punto, la Jugadora 1 sabe que al menos uno de los productos será gaseoso, por lo que su apuesta parece segura, pues según el principio de Le Châtelier, el aumento de presión favorecerá el desplazamiento del equilibrio hacia el lado con *menor número de moles gaseosos*, en este caso, los reactivos (0 moles frente a 3 del lado de los productos), lo cual disminuiría el rendimiento, tal como lo ha pronosticado. Sin embargo, su apuesta implica un riesgo: la Jugadora 2, encargada de definir el estado de agregación de las sustancias restantes, podría declarar que todas las especies en la reacción son gaseosas. En ese escenario, el lado con menos moles gaseosos sería el de los productos (en los reactivos contra 3 en los productos), lo que haría que el aumento de presión desplace el equilibrio hacia ellos, aumentando el rendimiento y contradiciendo la predicción inicial de la Jugadora 1.

Inicia el turno del **Jugador 2**, quien recibe la perturbación “*aumento en la concentración de C*”. A continuación, define los estados de agregación de las sustancias restantes: A será acuosa, B será sólida y D será gaseosa (C ya ha sido definida como gaseosa

por la carta de casino). Dado que C es un producto, el Jugador 2 interpreta correctamente que un aumento en su concentración desplazará el equilibrio hacia los reactivos, según el principio de Le Châtelier. Esto implicaría una disminución del rendimiento de la reacción, alineando su perturbación con la apuesta inicial, casi sin depender de los estados de agregación que acaba de asignar. Sin embargo, el Jugador 2 no analiza a profundidad la jugada de la jugadora 1 y al definir A como acuosa y B como sólida, favorece indirectamente la apuesta de su oponente. En este caso, su éxito se debe en gran parte a que C fue asignado como producto; pues si hubiese sido un reactivo, el aumento de su concentración habría desplazado el equilibrio hacia los productos, aumentando el rendimiento y provocando que el Jugador 2 perdiera la apuesta, sin importar cómo hubiese definido los estados de agregación. En ese escenario, habría tenido que evaluar si alguna de sus habilidades especiales le permitiría modificar las condiciones de la apuesta en una fase posterior.

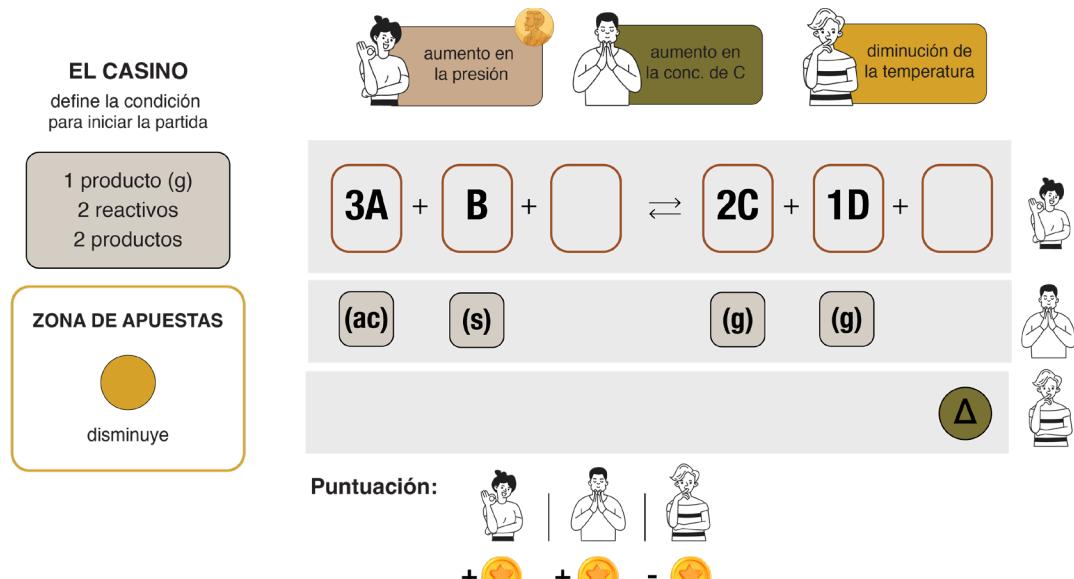


FIGURA 2. Esquema del desarrollo de una ronda.

La **Jugadora 3** recibe la carta de perturbación “*disminución de la temperatura*”. A partir de la ecuación ya definida $3\text{A}(\text{ac}) + \text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$, decide que la reacción será exotérmica y, como tal, desliza la ficha de calor hacia el lado de los productos en el tablero principal. No obstante, su decisión resulta desafortunada pues según el principio de Le Châtelier, en una reacción exotérmica, una disminución de temperatura favorece el desplazamiento del equilibrio hacia los productos, lo que provocaría un aumento en el rendimiento y contradiciendo la apuesta inicial. Si la Jugadora 3 hubiera definido la reacción como endotérmica, la perturbación recibida se habría alineado con la apuesta de la Jugadora 1 —que anticipaba una disminución en el rendimiento— y, al finalizar la ronda de puntuación, habría ganado una moneda. Finalmente, en la fase de puntuación la Jugadora 1 y el Jugador 2 ganarán una moneda, mientras que la Jugadora 3 deberá pagar una de las monedas asignadas inicialmente.

Este turno pone de manifiesto que, aunque la **Jugadora 3** es quien cuenta con más información al momento de tomar su decisión —pues ya conoce las cartas de perturbación, los estados de agregación y la estequiometría—, el juego no garantiza el acierto, y el éxito depende de la correcta interpretación de los principios del equilibrio químico y del

análisis estratégico de las decisiones anteriores. Esto revela que las mecánicas del juego favorecen la toma de decisiones argumentadas y una oportunidad significativa para que el estudiantado identifique concepciones erróneas, las confronte con la lógica del sistema y aprenda activamente a partir del error.

En este estudio preliminar, la jugabilidad del juego fue valorada mediante dos parámetros: la efectividad en la compleción de los retos y la satisfacción del estudiantado. La efectividad se calculó como el cociente entre el número de retos completados exitosamente y el total de retos enfrentados. Por su parte, la satisfacción se midió a partir de la percepción de la dificultad de los retos y la percepción del aprendizaje adquirido en cada ronda. Esta evaluación se realizó en dos períodos distintos: durante el II semestre de 2023 y el II semestre de 2024, con grupos de estudiantes diferentes en cada semestre. En la Tabla 2, se presentan los resultados de la *jugabilidad-efectividad* de los grupos en los dos semestres.

TABLA 2. Efectividad del juego por grupo y reto en los segundos semestres del 2023 y 2024, donde NL = no logrado y L = logrado.

Retos	II Semestre, 2023			II Semestre, 2024		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1	NL	NL	NL	NL	L	L
2	NL	L	L	L	NL	L
3	L	L	L	L	L	L
4	L	NL	L	L	L	L
Efectividad	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	1,00

En el **II Semestre de 2023**, los tres grupos presentaron dificultades iniciales, especialmente en el Reto 1, donde ninguno de los equipos logró completarlo con éxito. Esto podría deberse a una fase de adaptación al juego, ya que los estudiantes estaban experimentando por primera vez la dinámica de toma de decisiones con base en perturbaciones del equilibrio. Ciertos estudios han mostrado que los estudiantes necesitan tiempo para familiarizarse con herramientas pedagógicas basadas en juegos, ya que estas implican una curva de aprendizaje tanto en términos de contenido como de la estructura del propio juego. Por ejemplo, se ha encontrado que los estudiantes que utilizan juegos como herramienta educativa suelen necesitar una fase inicial de ajuste antes de poder aplicar efectivamente sus conocimientos (Rowe et al., 2011). Esta necesidad de adaptación es consistente con los hallazgos que demuestran que el tiempo de familiarización con herramientas de aprendizaje cooperativo y basadas en juegos es crucial para aumentar tanto la satisfacción como el rendimiento académico (Adipat et al., 2021; Hussein et al., 2019).

A medida que avanzaron los retos, el Grupo 3 mostró un mejor desempeño, con una efectividad del 75%, completando tres de los cuatro retos. Sin embargo, este resultado no solo refleja una mejor comprensión de los conceptos de equilibrio químico, sino que también puede estar relacionado con el diseño no asimétrico del juego en esa versión inicial. Esto significaba que los grupos no tenían las mismas oportunidades para tomar decisiones informadas. El Grupo 3, al ser el último en realizar sus movimientos, disponía de más información sobre las acciones de los otros equipos, lo que les permitía ajustar mejor sus decisiones. Esto es consistente con estudios que subrayan la importancia de proporcionar un balance equitativo en juegos educativos: la asimetría en los juegos puede favorecer o perjudicar a ciertos jugadores dependiendo del flujo de información disponible (Kalogiannakis et al., 2021).

Los comentarios de los estudiantes durante la validación de 2023 fueron fundamentales para identificar desbalances en la toma de decisiones entre los diferentes roles del juego. Señalaron que el Jugador 2, al definir únicamente los estados de agregación sin posibilidad de alterar la estructura general de la reacción, tenía un rol más limitado y con menor capacidad estratégica, en comparación con el Jugador 3, quien podía influir significativamente en el comportamiento del equilibrio al definir si la reacción era endotérmica o exotérmica. A pesar de que el Jugador 1 tenía la ventaja inicial al construir la reacción y realizar la apuesta a la que los demás debían ajustarse, también asumía el mayor riesgo de equivocarse, pues desconocía que harían los otros jugadores.

Estos comentarios —formulados con seguridad conceptual por parte del estudiantado— llevaron a introducir mejoras estructurales en el diseño del juego, como la incorporación de cartas de habilidades especiales asimétricas, las cuales permitieron redistribuir el poder de decisión y ofrecer a cada jugador una forma estratégica de intervenir en la ronda, sin importar su posición. Este tipo de retroalimentación, donde los estudiantes analizan críticamente la estructura de una herramienta pedagógica, es un indicador positivo de una comprensión profunda de los conceptos y de su capacidad para aplicar el conocimiento de equilibrio químico en un contexto simulado (Farber, 2014).

En el **II Semestre de 2024**, el prototipo utilizado incorporó estas mejoras, lo que permitió crear una experiencia de juego más equilibrada y retadora para todos los equipos. Diversos estudios han subrayado que las dinámicas de juego que equilibran la competencia entre los jugadores no solo fomentan una mayor participación, sino que también facilitan el aprendizaje de conceptos complejos, como los relacionados con el equilibrio químico (Chans & Portugal-Castro, 2021; Ferrell et al., 2016; Leitão et al., 2022).

Los resultados obtenidos durante esta segunda aplicación reflejan el impacto positivo de estas modificaciones. Se observa que tanto el Grupo 1 como el Grupo 2 lograron completar tres de los cuatro retos, mientras que el Grupo 3 completó todos los retos, alcanzando una efectividad del 100%. Estas modificaciones en el juego, centradas en la inclusión de habilidades especiales y la rotación de roles, condujeron a una mejor comprensión de los factores que afectan el equilibrio químico y a una toma de decisiones más estratégica durante el desarrollo de las rondas.

Además, durante la aplicación del prototipo en 2024, los estudiantes propusieron mejoras adicionales orientadas a incrementar la complejidad estratégica del juego. Entre las más destacadas se encuentra la introducción de una fase extra, en la cual los equipos pudieran ganar y emplear habilidades permanentes para modificar sus propias acciones iniciales o imponer obstáculos a otros jugadores, promoviendo así una dinámica más desafiante e impredecible. Esta propuesta obligaría a los equipos a adaptarse continuamente a perturbaciones generadas por sus oponentes, lo que enriquecería el análisis de las condiciones de equilibrio en cada ronda.

Este tipo de sugerencias, que buscan añadir más interacción y toma de decisiones, reflejan una apropiación profunda de los conceptos teóricos y una capacidad de transferir el conocimiento adquirido a contextos de simulación más complejos. Las recomendaciones estudiantiles serán consideradas en el desarrollo de futuras versiones del juego, en el marco de un proceso de mejora continua sustentado en la retroalimentación directa de quienes lo experimentan en el aula.

Tras observar el impacto de las mejoras implementadas entre 2023 y 2024, se procedió a recoger los niveles de satisfacción estudiantil en ambas ediciones del juego. Para ello, se solicitó al estudiantado que valorara, mediante una escala de Likert, su percepción de aprendizaje y la dificultad percibida durante la experiencia. Es importante aclarar que los grupos participantes no fueron los mismos en ambos años, y que el tamaño de la muestra fue de 12 estudiantes en 2023 y 9 en 2024. Por esta razón, los resultados no permiten establecer comparaciones estadísticas directas, sino que ofrecen únicamente tendencias generales sobre la percepción de los participantes respecto al prototipo implementado en cada año.

En general, los estudiantes que participaron en 2024 reportaron una experiencia más positiva en comparación con los participantes de 2023. La Figura 3 se divide en dos gráficos, correspondientes a los dos parámetros evaluados: percepción de aprendizaje (Gráfico 1) y dificultad percibida (Gráfico 2).

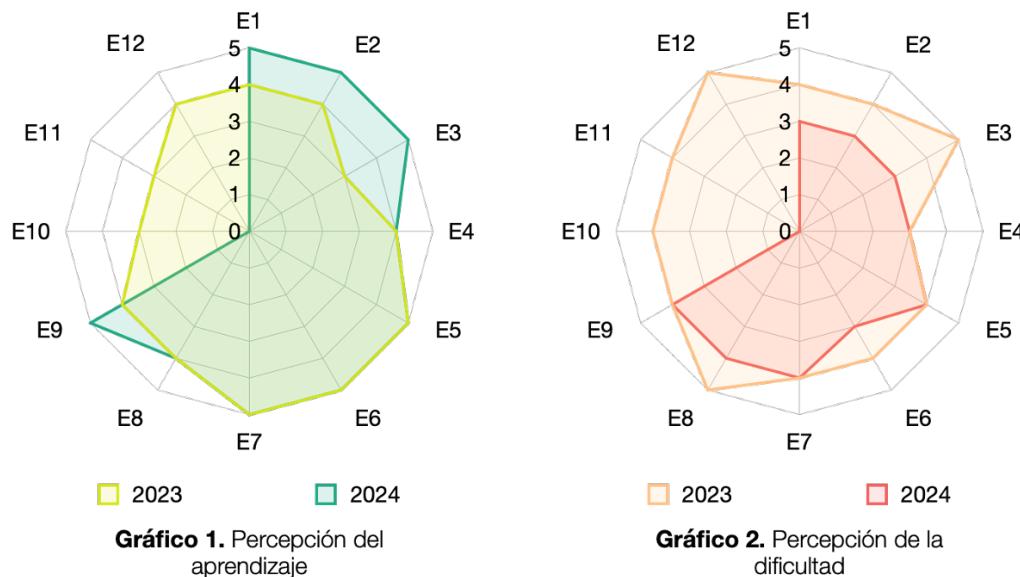


FIGURA 3. Evaluación del atributo satisfacción estudiantil desde la percepción del aprendizaje (Gráfico 1) y la dificultad (Gráfico 2), donde E_n = número de estudiante.

En el **Gráfico 1 (percepción de aprendizaje)** se observa que, en 2024, la mayoría de los estudiantes calificó su aprendizaje con valores de 4 o 5 en la escala de Likert (Tabla 1), lo cual indica que el juego facilitó una comprensión de los factores que afectan el equilibrio químico. En contraste, las respuestas del grupo 2023 mostraron mayor dispersión, con varios estudiantes ubicados en niveles 2 o 3, lo que sugiere que, en su versión inicial, el juego aún no lograba conectar con igual profundidad los conceptos teóricos y su aplicación estratégica. Este incremento en la percepción de aprendizaje en 2024 puede atribuirse a las mejoras introducidas en el diseño del juego, tales como la rotación de roles y la inclusión de habilidades especiales, que brindaron más oportunidades de análisis y toma de decisiones.

En cuanto al **Gráfico 2 (dificultad percibida)**, se observa una tendencia a concentrar las respuestas de 2024 en niveles intermedios de dificultad (valores 3 y 4), lo cual es positivo desde una perspectiva pedagógica, ya que implica un reto cognitivo adecuado. A diferencia del grupo 2023, donde algunas personas estudiantes calificaron el juego como “muy difícil” (valor 5) o “fácil” (valor 2), la edición 2024 logró un mejor balance en la carga cognitiva. Esto refuerza la idea de que el rediseño no solo aumentó la claridad de las mecánicas, sino que también ajustó adecuadamente el nivel de complejidad del juego.

Es importante destacar que, aunque la percepción general fue favorable, algunas personas estudiantes de 2024 (E4 y E8) reportaron una percepción de aprendizaje de 4. En las discusiones posteriores, mencionaron que ciertos roles de equipo continuaban siendo más ventajosos que otros, lo que derivó en un análisis reflexivo sobre cómo balancear el juego. Entre las propuestas surgidas destaca la posibilidad de incorporar habilidades permanentes, como permitir que el equipo que controla el calor pueda modificar coeficientes estequiométricos un número limitado de veces a lo largo del juego. Esta retroalimentación evidencia la apropiación conceptual por parte del estudiantado y su capacidad para proponer mejoras que mantengan el dinamismo sin comprometer el rigor del contenido químico ni convertir el juego en un reto inalcanzable.

Finalmente, los resultados de la edición 2024 reflejan un avance importante en la consolidación del juego como herramienta didáctica. El incremento tanto en la percepción de aprendizaje como en la valoración adecuada del nivel de dificultad indica que el juego evolucionó positivamente gracias a un ciclo de rediseño participativo. Estos resultados motivan a la continuidad del proceso de ajuste y optimización de *¿Apuestas al rendimiento?*, asegurando que siga siendo una propuesta educativa efectiva, inclusiva y desafiante para futuras cohortes.

Conclusiones

El juego *¿Apuestas al rendimiento?* demostró ser una herramienta eficaz para mejorar la comprensión de los factores que afectan el equilibrio químico. Los resultados obtenidos tras las dos fases de aplicación de pilotos muestran un aumento significativo en la efectividad y satisfacción de las personas estudiantes. La incorporación de habilidades especiales y otras mejoras basadas en la retroalimentación estudiantil permitieron diseñar un juego balanceado y dinámico. Las personas estudiantes demostraron ser capaces de tomar decisiones estratégicas exitosas basadas en el análisis de información suministrada en las fases del juego. Este estudio contribuye a respaldar el uso de la gamificación como un enfoque pedagógico que promueve el aprendizaje activo, la motivación y la retención de conceptos científicos complejos. Los resultados son alentadores y permitirán optimizar la experiencia de aprendizaje en el futuro.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas estudiantes, quienes siempre se han animado a apoyar mis “locuras” en el aula con una actitud optimista y receptiva hacia el aprendizaje. Su espíritu crítico y su capacidad para llevar la retroalimentación un paso más allá me inspiran continuamente. Ustedes son la razón por la cual elegí ser educadora, y cada día me recuerdan lo valioso que es fomentar el pensamiento crítico y el entusiasmo por descubrir. ¡Gracias por ser mi fuente constante de inspiración!

Referencias

- Adipat, S., Laksana, K., Busayanon, K., Ausawasowan, A., & Adipat, B. (2021). Engaging students in the learning process with game-based learning: the fundamental concepts. *International Journal of Technology in Education*, 4, 542–552. <https://doi.org/https://doi.org/10.46328/ijte.169>

- Byusa, E., Kampire, E., & Mwesigye, A. R. (2022). Game-based learning approach on students' motivation and understanding of chemistry concepts: a systematic review of literature. *Heliyon*, 8(5), e09541. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09541>
- Chans, G. M., & Portuguez-Castro, M. (2021). Gamification as a strategy to increase motivation and engagement in higher education chemistry students. *Computers*, 10(132). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/computers10100132> Farber, M. (2014). *Gamify Your Classroom: A Field Guide to Game-Based Learning* (P. Lang, Ed.; 2a ed., Vol. 71). Peter Lang Inc.
- Ferrell, B., Phillips, M. M., & Barbera, J. (2016). Connecting achievement motivation to performance in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1054–1066. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/C6RP00148C>
- Hallal, K., & Tlais, S. (2023). ChemiPuzzle: a tool for assembling the structure of organic compounds and enhancing learning through gamification. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 402–409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00752>
- Hussein, M. H., Ow, S. H., Cheong, L. S., & Thong, M.-K. (2019). A digital game-based learning method to improve students' critical thinking skills in elementary science. *IEEE Access*, 7, 96309–96318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2929089>
- Jaramillo-Mediavilla, L., Basantes-Andrade, A., Cabezas-González, M., & Casillas-Martín, S. (2024). Impact of gamification on motivation and academic performance: a systematic review. *Education Sciences*, 14(639). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci14060639>
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in science education: a systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11, 1–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Leitão, R., Maguire, M., Turner, S., & Guimarães, L. (2022). A systematic evaluation of game elements effects on students' motivation. *Education and Information Technologies*, 27(1), 1081–1103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10639-021-10651-8>
- Manzano-León, A., Rodríguez-Ferrer, J. M., & Aguilar-Parra, J. M. (2023). Gamification in science education: challenging disengagement in socially deprived communities. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 170–177. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00089>
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35(35), 73–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Rowe, J. P., Shores, L. R., Mott, B. W., & Lester, J. C. (2011). Integrating learning, problem solving, and engagement in narrative-centered learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 21, 115–133. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-13437-1_17

Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135(2), 77–99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.02.006>

Theeuwes, J., & Godijn, R. (2001). 6 - Attentional and oculomotor capture. En B. S. Gibson & C. L. Folk (Eds.), *Advances in Psychology* (Vol. 133, pp. 121–149). North-Holland. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(01\)80008-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115(01)80008-X)