

MENTOR

Revista de Investigación Educativa y Deportiva

Volumen 5

Número
Especial 2

2026

Director: Ph.D. Richar Posso Pacheco

Email: rjposso@revistamentor.ec

Web: <https://revistamentor.ec/>

Editora en Jefe: Ph.D. Susana Paz Viteri

Coordinador Editorial: Ph.D. (c) Josue Marcillo Ñacato

Coordinadora Comité Científico: Ph.D. Laura Barba Miranda

Coordinadora Comité de Editores: Msc. María Gladys Cóndor Chicaiza

Coordinador del Consejo de Revisores: PhD. Javier Fernández-Rio



Effect of a gamification strategy on glycolysis learning in medical students

Efecto de una estrategia de gamificación sobre el aprendizaje de glucólisis en estudiantes de medicina

Denisse Cruz Trejo¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8947-3802>

Joselyn Ramiro Zamitiz¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4943-1319>

Víctor Iván Viruega Góngora¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7315-474X>

Katia Guadalupe Mariscal Flores¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2329-9816>

Salma Quiroz De Alba¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2986-1621>

Universidad de la Salud del Estado de Puebla. Puebla-México¹

Autor de correspondencia

denisse.cruz@usalud.edu.mx

Recibido: 06-02-2026

Aceptado: 10-04-2026

Disponible en línea: 15-04-2026

Original



Abstract

Topics such as glycolysis represent a considerable challenge in medical education due to their high conceptual complexity. Gamification has been proposed as a strategy to promote active learning in the teaching of basic sciences. Under this premise, this study analyzed the impact of a gamified intervention on the academic performance of 170 medical students from the Universidad de la Salud del Estado de Puebla. Using a quasi-experimental design, a control group (n=82) was compared with an experimental group (n=88) that participated in a face-to-face activity involving the resolution of clinical challenges within a “metabolic city”. Following the intervention, the experimental group achieved a significant increase in their average score (from 6.44 to 8.05), whereas the control group showed no relevant changes. The analysis revealed a significant interaction between time and condition ($p < 0.001$), with a difference-in-differences of 1.78 points. These findings indicate that the integration of game elements is associated with significant improvement in academic performance in learning glycolysis among medical students.

Keywords: Gamification, medical education, biochemistry, glycolysis; Educational intervention.

Resumen

Temas como la glucólisis representan un desafío considerable en la formación médica debido a su elevada complejidad conceptual. La gamificación ha sido propuesta como una estrategia para favorecer el aprendizaje activo en la enseñanza de las Ciencias de la Salud. Bajo esta premisa, se analizó el impacto de una estrategia gamificada en el rendimiento académico de 170 estudiantes de Medicina de la Universidad de la Salud del Estado de Puebla. Mediante un diseño cuasiexperimental, se comparó un grupo control (n=82) con un grupo experimental (n=88) que realizó una actividad presencial de resolución de retos clínicos en una “ciudad metabólica”. Tras la intervención, el grupo experimental logró un aumento significativo en su promedio (de 6.44 a 8.05), a diferencia del grupo control que no mostró variaciones relevantes. El análisis evidenció una interacción significativa entre el tiempo y la condición ($p < 0.001$) con una diferencia en diferencias de 1.78 puntos. Los hallazgos sugieren que la integración de elementos de juego se asocia con una mejora significativa en el rendimiento académico en el aprendizaje de la glucólisis en estudiantes de Medicina.

Palabras clave: Gamificación, educación médica, bioquímica, glucólisis, intervención educativa.

Introducción

El estudio de la medicina implica retos académicos constantes debido a la exigencia cognitiva elevada que se produce en la formación médica. Diversos estudios han mostrado que los estudiantes de medicina deben ser capaces de memorizar una gran cantidad de información, especialmente en los primeros semestres (Miller et al., 2002). Además, la educación médica no solo depende de la cantidad de contenidos revisados sino que depende de la capacidad de

integración y análisis crítico para relacionar los conocimientos básicos con la información clínica (Atencio et al., 2023; Heber et al., 2023). Ello permite al estudiante desarrollar competencias clínicas avanzadas como el razonamiento diagnóstico y la toma de decisiones (Lee et al., 2025).

Sin embargo, diversos estudios han señalado que, a pesar de los avances en innovación educativa, en varios contextos latinoamericanos la educación médica mantiene una fuerte dependencia de metodologías tradicionales como la exposición magistral y la revisión pasiva de contenidos (López-Esquivel et al., 2025; Mancilla-Animas et al., 2025). Si bien las metodologías activas se introducen en los cursos, su uso suele ser limitado o solo complementario, lo que puede limitar el desarrollo del pensamiento crítico y la aplicación clínica del conocimiento (Lujan et al., 2025; Pilotti et al., 2022; Van Gaalen et al., 2021; Wang et al., 2024).

Dentro de la formación médica, una de las áreas donde estas dificultades de aprendizaje se hacen particularmente evidentes es la bioquímica, debido a la complejidad conceptual de sus contenidos y a la necesidad de integrar procesos moleculares con su aplicación clínica. Diversos estudios han señalado que los estudiantes suelen percibir los conceptos bioquímicos y las vías metabólicas como contenidos complejos, difíciles de comprender y de recordar (Surapaneni, 2024). En este contexto, temas como la glucólisis representan un desafío cognitivo importante, pues implica comprender múltiples reacciones enzimáticas y relacionar el metabolismo energético con procesos fisiológicos más amplios del organismo (Alemán & Torres, 2025; Devendra & Karkera, 2024).

En la actualidad, las nuevas generaciones de estudiantes muestran más afinidad por experiencias educativas interactivas, multisensoriales y dinámicas, lo que favorece el aprendizaje a partir de estímulos visuales y kinestésicos (Sundareswaran et al., 2024; Lee et al., 2025). Esta preferencia no solo refleja un cambio en los estilos de aprendizaje sino que evidencia la necesidad de explorar modalidades pedagógicas que creen un ambiente más interactivo, favorezcan la motivación intrínseca y la colaboración, como es el caso de la gamificación (Javed et al., 2022; Atencio et al., 2023).

La gamificación se define como la incorporación de elementos propios del diseño de juegos como desafíos, recompensas, retroalimentación inmediata o sistemas de progreso, dentro de contextos educativos no lúdicos con el objetivo de estimular la participación y favorecer la consolidación del conocimiento (Wang et al., 2024). Este enfoque permite transformar contenidos académicos complejos en experiencias de aprendizaje más dinámicas, lo que resulta especialmente relevante en áreas exigentes como la educación médica. De esta forma se proyecta como una herramienta prometedora en ciencias de la salud debido a su capacidad para incrementar la motivación, la participación y el compromiso del estudiante con el proceso de aprendizaje (Wang et al., 2024; Szeto et al., 2021).

Estudios recientes muestran que la gamificación puede favorecer la motivación, el compromiso y la participación activa (Szeto et al., 2021). Singhal et al. (2019) analizaron una muestra amplia de estudios sobre gamificación en educación médica y explican que estos

resultados pueden sustentarse en mecanismos como la progresión por niveles, la retroalimentación inmediata y la posibilidad de trabajar mediante el ensayo y error en entornos simulados. De manera concordante, Szeto et al., (2021) reportaron incrementos en la motivación y en el refuerzo de los objetivos de aprendizaje en un programa de dermatología, al ofrecer al estudiante escenarios estructurados donde puede practicar, comparar resultados y construir una confianza inicial. No obstante, los autores advierten limitaciones importantes como el uso de muestras pequeñas y contextos específicos, lo que restringe la generalización de los hallazgos.

En esta misma dirección, Justicia-Vico et al. (2026) en su análisis con 350 estudiantes de medicina, reportan que hasta un 88% percibió mejoras en la motivación, en el desempeño académico y en la percepción de dificultad de materias como Inmunología y Microbiología. De igual manera, un estudio cuasi-experimental en educación médica mostró que la incorporación de la gamificación en módulos de farmacología se asoció con un aumento significativo de las puntuaciones posteriores al aprendizaje y el compromiso de los estudiantes en comparación con métodos tradicionales (Aloum et al., 2025).

Mediante estos enfoques, el estudiante puede tener un papel más activo en su proceso formativo, sin dejar de contar con la guía del docente, cuya retroalimentación oportuna contribuye a corregir errores, reforzar conceptos y orientar el aprendizaje. En materias como Bioquímica, las estrategias ayudan a comprender mejor conceptos abstractos al fomentar una participación más dinámica durante el aprendizaje (Lee et al., 2025). Así la combinación entre autonomía y acompañamiento pedagógico favorece no solo la adquisición de conocimientos, sino el desarrollo de competencias duraderas y transferibles (Baah et al., 2023).

Pese a sus beneficios, la gamificación presenta algunas limitaciones en su implementación. Algunos estudios señalan que el proceso de juego puede distraer o alejar al estudiante del objetivo educativo cuando las dinámicas lúdicas no se integran adecuadamente con los contenidos académicos (Esquivel et al., 2025). En educación médica esto puede fragmentar el aprendizaje clínico y generar una comprensión superficial sobre los temas. A esto, se suman limitaciones relacionadas con el tiempo necesario para diseñar y aplicar estas estrategias, así como los costos asociados al desarrollo de recursos didácticos y plataformas de aprendizaje (Kirsch & Spreckelsen, 2023; Szeto et al., 2021), barreras logísticas que impactan en el cuerpo docente del área de medicina quienes suelen tener altas cargas académicas y limitada disponibilidad para la creación de materiales adicionales.

Asimismo, la falta de capacitación o familiaridad del personal docente con metodologías de gamificación puede dificultar su incorporación dentro del aula, lo que favorece la permanencia de métodos de enseñanza tradicionales en la educación médica (Szeto et al., 2021). De igual forma, revisiones como la de McCoy et al (2016) muestran que muchos estudios se centran en plataformas digitales, aplicaciones móviles o juegos electrónicos limitando el desarrollo de estrategias analógicas o híbridas que podrían adaptarse mejor a diversas instituciones.

Aunque la gamificación ha ganado presencia en la literatura de la educación médica durante la última década, su implementación dentro de los programas formativos sigue siendo relativamente reciente y variable según el contexto educativo (Pimienta & Boude, 2022). Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de una estrategia de gamificación en el rendimiento académico de estudiantes de la Licenciatura en Médico Cirujano en la unidad de glucólisis de la asignatura de Bioquímica.

Metodología

La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental. Este tipo de estudio se emplea ampliamente en investigación educativa y ciencias de la salud cuando la aleatorización no es posible por razones organizacionales como en el ámbito académico donde los grupos de estudiantes ya están formados previamente (Capili & Anastasi, 2024; Fernández-García et al., 2014; Osmanović Zajić & Maksimović, 2022). En el contexto específico de los estudiantes de Medicina participantes, quienes trabajan con horarios fijos y grupos establecidos de forma institucional, intentar una distribución aleatoria habría producido conflictos logísticos y ausencias. Por ello, resultó más adecuado aplicar la gamificación durante la hora clase de Bioquímica de cada grupo, asegurando una mayor participación y evitando alterar la estructura académica.

Dentro de estos estudios el diseño pretest-postest con grupo control es utilizado pues permite evaluar los efectos de intervenciones gamificadas en ambientes reales que permite medir el cambio antes y después de la intervención y compararlo con un grupo control que no recibe la intervención (Karimian et al., 2025; Rodríguez-Guzmán et al., 2026; Sahin & Arslan Namli, 2016; Sari et al., 2020; Yang & Oh, 2022). En este estudio, dicho diseño permitió medir el nivel de conocimiento previo de los estudiantes, reduciendo el riesgo de grupos no homogéneos y estimando de manera directa el impacto de la intervención gamificada sobre el aprendizaje.

Se analizó como variable independiente la implementación de la estrategia de gamificación en la unidad de glucólisis y fermentación láctica y como variable dependiente el rendimiento académico de los estudiantes, medido mediante dos pruebas de conocimientos (pretest y postest).

Participantes

Participaron 170 estudiantes que cursaban el segundo semestre de la Licenciatura de Médico Cirujano en la Universidad de la Salud del Estado de Puebla. Se registraron variables sociodemográficas básicas, incluyendo edad y sexo, únicamente con fines descriptivos para caracterizar la muestra. Estas variables no fueron incluidas en los análisis inferenciales, dado que el diseño cuasiexperimental se centró en la comparación pretest-postest entre grupos ya establecidos. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia cuyos criterios de inclusión fueron estar inscrito formalmente en el curso, asistir a las sesiones correspondientes al tema de glucólisis y fermentación láctica y aceptar participar en la investigación. Como criterios de

exclusión se consideraron la ausencia a cualquiera de las evaluaciones o el retiro voluntario del estudio.

Los estudiantes pertenecían a cuatro salones establecidos previamente de forma institucional, por lo tanto, no se realizó aleatorización individual; la asignación a la condición experimental o control se efectuó a nivel de salón mediante un procedimiento aleatorio simple; dos salones fueron designados como grupo experimental (gamificación, n=88) y los dos restantes como grupo control (clase tradicional, n=82).

Para garantizar la validez interna del estudio, ambos grupos permanecieron expuestos a condiciones similares antes y después de la intervención. Tanto el grupo experimental como el control recibieron la enseñanza previa del tema de glucólisis y fermentación láctica mediante metodología expositiva tradicional impartida por el mismo docente responsable de los cuatro grupos. Se desarrollaron 5 sesiones de una hora de duración distribuidas en 5 días consecutivos y empleando los mismos contenidos y materiales teóricos y condiciones de enseñanza. Posteriormente a todos los grupos se les aplicó la prueba pretest con el fin de evaluar la homogeneidad de los grupos antes de la intervención. Transcurrida una semana de esta evaluación, se aplicó la estrategia de gamificación exclusivamente al grupo experimental, mientras que el grupo control no recibió ninguna actividad de reforzamiento adicional. Finalmente, se realizó la aplicación del postest una semana después a ambos grupos.

El estudio contó con la aprobación de la Coordinación de Investigación de la Licenciatura en Médico Cirujano de la Universidad de la Salud del Estado de Puebla, para su realización dentro de las actividades del curso de Bioquímica. Los estudiantes fueron informados sobre los objetivos y alcances de la investigación y su participación fue voluntaria, informándoles que podían retirarse del estudio en cualquier momento sin que afectara la calificación del curso. Finalmente se recabaron los consentimientos informados por escrito de todos los participantes antes de la recolección de datos, garantizando la confidencialidad y anonimato de los mismos.

Descripción de la intervención de gamificación

Se diseñó una estrategia de gamificación en formato presencial, con duración de una hora, estructurada en 10 estaciones, cada una correspondiente con las 10 reacciones de la vía de la glucólisis y conceptualizadas como distintas regiones de una “ciudad metabólica”. Esta narrativa permitió visualizar de forma más simple las etapas y flujo de intermediarios de la vía metabólica.

Cada estación incluía cuatro tarjetas con preguntas diferentes relacionadas con los resultados de aprendizaje formales de la unidad (por ejemplo, descripción de la reacción, regulación enzimática, implicaciones metabólicas o la interpretación de la relevancia clínica).

Las tarjetas se diseñaron con 3 niveles:

1. Nivel básico (identificación): “Indique el sustrato y el producto de la reacción catalizada por la fosfofructocinasa-1”

2. Nivel intermedio (comprensión): “Menciona dos moduladores alostéricos de la fosfofructocinasa-1”
3. Nivel avanzado (aplicación clínica): “En un paciente con hipoxia aguda, ¿Cómo se modifica el destino final del piruvato y qué implicación tiene para la regeneración de NAD⁺?”.

Aunque las tarjetas presentaban niveles de dificultad diferenciados, todas otorgaban el mismo puntaje al ser contestadas de forma correcta, ya que su propósito era favorecer la discusión en equipo más que establecer diferencias de evaluación dentro del juego, además de permitir fluidez y viabilidad operativa.

Organización de los estudiantes y sistema de puntos

Antes de iniciar los estudiantes fueron asignados aleatoriamente en equipos de 5 integrantes. Cada integrante eligió libremente un rol específico para su participación:

Enzima: Coordina la reacción (es decir la resolución del problema planteado en la estación) y la participación correcta del equipo, maneja eventos como la hipoxia, ayuno o ejercicio intenso. Es el vocero y entrega la respuesta final del equipo.

ATP Manager: Se encarga de registrar los bonos de ATP producidos durante el juego. Es el encargado de registrar los resultados en la hoja de respuestas y sugiere estrategias para ganar ATP adicional o minimizar la pérdida del mismo.

Coenzima: Encargado de supervisar la ganancia de bonos de NADH, se encarga de resolver preguntas relacionadas con la participación de coenzimas, indicando además si las moléculas se oxidan o reducen durante la reacción.

Sustrato: Controla el destino de la glucosa y se encarga de la formación de los intermediarios y productos de la reacción. Responde preguntas que aseguren la progresión correcta de las reacciones en la vía.

Regulador: Responde preguntas sobre regulación enzimática y la integración clínica. Considera la participación de señales celulares, hormonas, y el estado energético de la célula. Encargado de la comprensión clínica y funcional de la glucólisis.

En equipos de cuatro integrantes el rol de Sustrato también asumió las funciones del regulador.

Al iniciar una ronda de juego cada equipo se posicionó en la estación y elegía una tarjeta de pregunta. Los jugadores podían discutir el reto durante 3 minutos, de acuerdo con los roles asignados para después registrar su respuesta en la hoja de equipo. Al finalizar el tiempo el vocero del equipo entregaba la respuesta a un facilitador que asignaba las consecuencias gamificadas: las respuestas correctas permitían ganar un punto por estación y fichas de ATP o NADH, respuestas parciales solo punto por estación y respuestas incorrectas permitían el paso a la siguiente estación, pero sin obtener puntos ni fichas de energía. Las fichas otorgaban un bono de 5 puntos al equipo

que las ganara. Posteriormente al escuchar la señal de cambio, todos los jugadores se movían simultáneamente a la siguiente estación, siguiendo un esquema tipo reloj hasta completar las 10 estaciones del juego. Tras terminar la actividad, los equipos sumaron puntos y bonos extra, resolviendo una pregunta relámpago en caso de empate.

Instrumento de evaluación

Para la recolección de la información académica se diseñó un instrumento de evaluación equivalente (pretest y postest) de 16 reactivos de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta, orientados a evaluar el dominio conceptual, la regulación metabólica y la aplicación del conocimiento en contexto clínico de la glucólisis y fermentación láctica. Cada reactivo tuvo una respuesta correcta única e incontrovertible y fue puntuado con un valor de un punto. Posteriormente el resultado se llevó a una escala de calificación de 0 a 10 para su análisis.

El instrumento fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante juicio de expertos, en el que participaron profesores universitarios con más de cinco años de experiencia en la enseñanza de Bioquímica y un especialista en innovación educativa. Durante este proceso se analizó la pertinencia curricular, la congruencia con los objetivos de aprendizaje, el nivel cognitivo de los reactivos y la calidad de los distractores. Con base en las observaciones emitidas por los expertos, los reactivos fueron ajustados o eliminados para fortalecer la adecuación conceptual, la claridad y la relevancia del instrumento.

Durante la primera fase de implementación, se aplicó el pretest a todos los estudiantes de forma presencial en el aula y en formato impreso, una semana antes de la intervención, con el objetivo de establecer el nivel basal de conocimiento sobre glucólisis y fermentación láctica y evaluar la homogeneidad académica del grupo control y el grupo experimental.

Posteriormente se llevó a cabo la estrategia de gamificación presencial solo en el grupo experimental y se administró el postest a ambos grupos también de forma presencial y escrita en el aula, una semana después de la intervención, con el propósito de evaluar la retención de conocimiento a corto plazo y reducir el efecto de memoria inmediata (Lam et al., 2018; Ortiz-Rojas et al., 2023). Para la evaluación del aprendizaje se utilizaron pruebas paralelas diseñadas para medir los mismos contenidos y niveles cognitivos, pero con reactivos diferentes. Los instrumentos tuvieron carácter formativo y no influyeron en la calificación final del curso.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos, se evaluó inicialmente la comparabilidad de los grupos mediante una prueba de t de Student para muestras independientes aplicada a la variable edad. Posteriormente se empleó un modelo lineal mixto con intercepto aleatorio por estudiante para evaluar el efecto de la intervención tomando en cuenta que cada alumno fue evaluado en dos momentos (pretest y postest). Este modelo permite modelar explícitamente la correlación entre mediciones repetidas dentro del mismo participante, así como la variabilidad basal entre

estudiantes. Además, el modelo lineal mixto constituye una alternativa más flexible que el ANOVA de medias repetidas tradicional, ya que permite manejar posibles desbalances en el número de observaciones y facilita la incorporación de covariables si fuera necesario (Gueorguieva & Krystal, 2004). Se incluyeron como efectos fijos el tiempo (pretest y postest), la condición experimental (control y gamificación) y la interacción entre ambos. El término tiempo x condición se interpretó como el efecto diferencial de la intervención.

Los grados de libertad y los valores de p se estimaron mediante el método de aproximación de Satterthwaite, utilizado en modelos lineales mixtos para obtener inferencias sobre los efectos fijos (Kuznetsova et al., 2017). Se realizaron contrastes post hoc para comparar las medias marginales estimadas y se calcularon las diferencias entre grupos con sus respectivos intervalos de confianza del 95%. Se estableció un nivel de significancia estadística de $\alpha = 0.05$. Todos los análisis se llevaron a cabo en R versión 4.5.2 (R Core Team, 2024), empleando los paquetes lme4 para el ajuste del modelo lineal mixto (Bates et al., 2015), lmerTest para la estimación de valores de p mediante el método Satterthwaite (Kuznetsova et al., 2017) y emmeans para las comparaciones post hoc y estimación de las medias marginales.

Resultados

El estudio incluyó un total de 170 estudiantes, con edades comprendidas entre 18 y 33 años. Del total 88 pertenecieron al grupo experimental y 82 al grupo control. Se presentan las características sociodemográficas de los participantes a modo descriptivo en la tabla 1. No se observaron diferencias significativas en edad entre el grupo experimental y el grupo control ($p = 0.76$). La distribución por sexo fue similar entre ambos grupos desde el punto de vista descriptivo. Estas variables no fueron incluidas en los modelos estadísticos principales.

Tabla 1

Características sociodemográficas de los participantes

Variable	Grupo experimental (n=88)	Grupo control (n=82)	p
Edad (media \pm DE)	20.38 \pm 2.63	20.26 \pm 2.58	0.76
Mujeres	60 (68.2%)	52 (63.4%)	
Hombres	28 (31.8%)	30 (36.6%)	

Nota. Valor de p obtenido mediante t de Student para muestras independientes.

En la evaluación pretest del rendimiento académico, el grupo control presentó una media de 6.37 (DE = 1.69), mientras que el grupo con gamificación mostró una media de 6.44 (DE = 1.68). Tras la intervención, el grupo control presentó una media de 6.23 (DE = 1.58). El grupo con gamificación mostró una media de 8.05 (DE = 1.67) (Tabla 2).

Tabla 2

Puntuaciones de rendimiento académico en la prueba de conocimientos sobre glucólisis y fermentación láctica (pretest y postest).

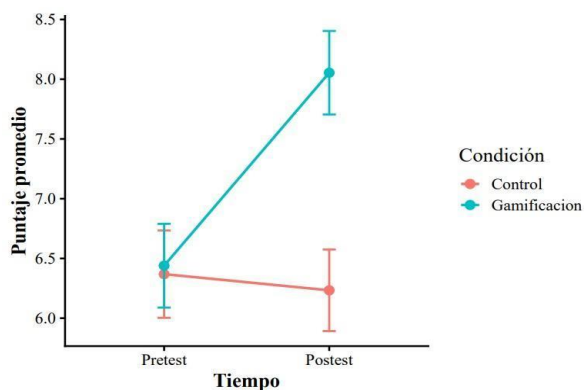
Grupo	N	Pretest Media ± Desviación Estándar	Postest Media ± Desviación Estándar
Control	82	6.37 ± 1.69	6.23 ± 1.58
Experimental	88	6.44 ± 1.68	8.05 ± 1.67

La Figura 1 presenta la evolución de los puntajes obtenidos en el pretest y postest en ambos grupos. El análisis mediante modelo lineal mixto mostró una interacción significativa entre el tiempo y la condición experimental, $F(1, 164.38) = 44.50, p < 0.001$. Se observaron también efectos principales significativos tanto para el tiempo, $F(1, 164.38) = 29.54, p < 0.001$, como para la condición experimental, $F(1, 174.02) = 20.21, p < 0.001$ (Tabla 3).

Al comparar el cambio del promedio del grupo experimental con el control, el modelo estimó una diferencia en diferencias de 1.78 puntos, correspondiente a la interacción tiempo x condición ($p < 0.001$) (Tabla 4).

Figura 1

Evolución del puntaje promedio en el tiempo según condición experimental.



Medias (puntaje promedio) y barras de error (IC95%) por momento y condición. ($p < 0.001$).

Tabla 3

Resultados del modelo lineal mixto para el rendimiento académico.

Efecto	F (gl ₁ , gl ₂)	Valor de p
Tiempo	$F(1, 164.38) = 29.54$	< 0.001
Condición	$F(1, 174.02) = 20.21$	< 0.001

Tiempo contra condición	F(1, 164.38) = 44.50	<0.001
-------------------------	----------------------	--------

Tabla 4

Efectos del tiempo, la condición experimental y su interacción sobre el rendimiento académico.

Comparación	Estimación	IC95%	p
Control (post - pre)	-0.16	-	0.393
Gamificación (post - pre)	1.61	-	<0.001
Interacción tiempo x condición (Diferencia en diferencias)	1.78	1.25 - 2.31	<0.001

Discusión

La implementación de la estrategia de gamificación se asoció con una mejora importante en el aprendizaje de la glucólisis y la fermentación láctica en los estudiantes, subrayando el potencial de las metodologías activas frente a los modelos de enseñanza convencionales en la enseñanza de Bioquímica para la Licenciatura de Médico Cirujano. El incremento en el rendimiento académico puede explicarse por el impulso del aprendizaje activo y colaborativo. La implementación de roles, estaciones temáticas y la retroalimentación inmediata contribuyen a la integración de los temas y a la resolución de problemas.

Estos hallazgos coinciden con los reportados por Hsu y Chen (2024), quienes evaluaron el efecto de una estrategia de aprendizaje gamificado en terminología médica en estudiantes de medicina mediante un diseño experimental con grupo control. En su estudio, el grupo experimental alcanzó un desempeño significativamente mayor, lo que los autores atribuyen a una mayor participación activa y a un incremento en la motivación intrínseca que permite que los estudiantes puedan aplicar de mejor manera el conocimiento. Esta tendencia se ve reforzada por el trabajo de Karimian et al. (2025) quienes evaluaron el impacto de una intervención gamificada en el aprendizaje de la interpretación radiológica en estudiantes de medicina. En dicho estudio el grupo experimental mostró puntajes superiores a los del grupo control, lo que fue adjudicado a la exposición a análisis clínicos en un ambiente interactivo y con retroalimentación constante.

En la enseñanza de la bioquímica, estudios previos como el de Llamas et al. (2019) muestran que emplear intervenciones gamificadas en estudiantes de Ciencias de la Salud, como es el caso de enfermería, incrementa la participación del alumnado y permite una mejor preparación para las evaluaciones de la asignatura. De forma similar, Alemán I. y Patiño M. (2025) describieron que tras la incorporación de actividades gamificadas en la asignatura de bioquímica en estudiantes de medicina, se observó un mayor porcentaje de estudiantes aprobados lo cual explican se relaciona con la estructuración de metas claras y desafíos progresivos, sugiriendo además que el diseño gamificado provee la motivación suficiente para sostener el proceso de aprendizaje.

La brecha observada en el promedio de aprovechamiento entre el grupo control y el experimental resalta la importancia de incluir un grupo comparativo en los diseños de estudio para evaluar con mayor precisión el efecto de la intervención. La inclusión del grupo control permite diferenciar los cambios derivados de la gamificación de los producidos por la variabilidad natural. En contraste investigaciones sin un grupo comparativo, tal es el caso de Park y Kim (2021) o el de Lohitharajah & Youhasan (2022) reportaron mejoras en su intervención, pero los mismos autores mencionan como una limitación la falta de grupo control para establecer con claridad si los cambios observados pueden atribuirse realmente a la estrategia o no. De acuerdo con Van Gaalen (2021), la literatura en gamificación aplicada a la salud ha señalado que menos del 20% de los estudios utilizan grupos control definidos, basándose mayoritariamente en diseños pretest-postest sin comparación. Esta carencia de rigor, también señalada por Koivisto et al. (2017) limita la validez interna de muchas intervenciones al no poder aislar el efecto pedagógico.

La incorporación del juego como parte del aprendizaje parece impactar en cómo los estudiantes interiorizan y consolidan el conocimiento. De acuerdo con la teoría de la autodeterminación de Ryan y Deci (2000), existen tres necesidades intrínsecas que permiten desarrollar la motivación y el crecimiento personal: competencia, relación y autonomía. La competencia se activa cuando los estudiantes perciben que son capaces de aplicar su conocimiento, la relación cuando son capaces de establecer relaciones de apoyo con sus compañeros y el docente y la autonomía cuando se les permite participar en la toma de decisiones dentro de la actividad.

La dinámica gamificada empleada en este estudio parece coincidir con estos puntos, ya que los retos progresivos favorecen la competencia; la discusión en equipo y la retroalimentación inmediata propician la relación; y la toma de decisiones en cada estación apoya la autonomía. Este mismo patrón de experiencias se ha descrito por Albor-Chadid et al., (2022) quien menciona que cuando se satisfacen las necesidades de autonomía, competencia y relación se pueden producir mejoras en el aprendizaje al disminuir la sensación de amenaza. Complementariamente Ganotice et al., (2012) mencionan que los entornos educativos del área de medicina que incluyen actividades estructuradas, logros graduales, oportunidades de participación y guía constante pueden incrementar el desempeño académico, lo cual es consistente con los resultados observados en este estudio.

La organización de los contenidos en estaciones temáticas, con objetivos claros e identificables y una retroalimentación rápida y puntual, ha sido asociada con una mejor integración de contenidos complejos. De acuerdo con Aloum et al. (2025) este tipo de habilidades son de suma importancia en las carreras de las Ciencias de la Salud, debido a que los estudiantes de pregrado deben manejar una gran cantidad de información desde los primeros grados de su formación. De esta forma, metodologías activas de aprendizaje pueden transformar conceptos usualmente percibidos como complejos en experiencias dinámicas de aprendizaje.

Los efectos de la gamificación no solo se reflejan en resultados inmediatos, sino que pueden persistir en evaluaciones posteriores, como se observó en el postest realizado una semana después de la intervención, donde se mantuvo la mejora del rendimiento académico. Estudios previos como

el de Lai y colaboradores muestran que los efectos del aprendizaje basado en juegos sobre el rendimiento académico pueden ser duraderos, al evidenciar que los conocimientos y habilidades de los médicos evaluados se mantienen incluso después de 2 meses. Sin embargo, debido a que el período de seguimiento en el presente trabajo es de una semana, no es posible afirmar que la mejora en el aprendizaje sea sostenida, por lo que una perspectiva de la investigación es evaluar el aprendizaje a largo plazo (Lai et al., 2020).

La mejora observada en el grupo experimental sugiere que la gamificación podría favorecer no solo el rendimiento inmediato, sino también la consolidación del aprendizaje en el corto plazo. Este hallazgo coincide con investigaciones que reportan que las metodologías activas facilitan la integración de conceptos complejos al promover la participación cognitiva y el procesamiento significativo de la información (Ghafouri et al., 2025; López-Jiménez et al., 2021).

Finalmente, existen limitaciones del estudio que deben ser consideradas. En primer lugar, la investigación se realizó solo en estudiantes de la misma institución educativa, lo que podría restringir la generalización de estos resultados a otros ambientes académicos. Asimismo, dado que la evaluación posttest se realizó una semana después de la intervención, los resultados obtenidos permiten evaluar solamente la retención de conocimientos a corto plazo, lo que impide determinar la estabilidad de los efectos de la gamificación a largo plazo. En este sentido, futuras investigaciones deberían incorporar periodos de seguimiento prolongados para evaluar la persistencia del aprendizaje en el tiempo.

En síntesis, los resultados obtenidos en la presente investigación ofrecen evidencia inicial que sugiere que la gamificación puede constituir un recurso didáctico innovador y prometedor en la enseñanza de la bioquímica en Ciencias de la Salud, especialmente para contenidos complejos donde es indispensable la integración de procesos. El presente trabajo puede servir como punto de partida para investigaciones que profundicen en la sostenibilidad y generalización de los efectos de la gamificación en contextos educativos, de formación médica y afines.

Conclusión

El presente estudio aporta evidencia empírica acerca del uso de una estrategia de gamificación presencial para la enseñanza de glucólisis y fermentación láctica en un curso de Bioquímica dirigido a estudiantes de Medicina pertenecientes a la institución USEP. La principal contribución consiste en documentar, en este contexto, el potencial de la intervención didáctica activa para el abordaje de contenidos de alta complejidad conceptual. Sin embargo, debido a que la evaluación se realizó en el corto plazo y en un único entorno institucional, los hallazgos deben interpretarse con cautela y circunscribirse a esas condiciones. Futuros estudios deberán determinar si estos resultados son reproducibles en otros contextos educativos y a través de seguimientos de mayor duración.

Referencias

- Alemán I. & Patiño M. (2025). Estrategia de enseñanza basada en gamificación en la asignatura Bioquímica de la carrera de Medicina. *Revista Digital de Postgrado*, 14(3), e435. doi.org/10.37910/rdp.2025.14.3.e435
- Albor-Chadid, L. I., & Rodríguez-Burgos, K. (2022). Estudios aplicados de la teoría de la autodeterminación en estudiantes y profesores, y sus implicaciones en la motivación, el bienestar psicosocial y subjetivo. *Revista Eleuthera*, 24(1), 56–85. <https://doi.org/10.17151/eleu.2022.24.1.4>
- Aloum, L., Ibrahim, H., Rajasekaran, S. K., & Alefishat, E. (2025). Open-access web-based gamification in pharmacology education for medical students: Quasi-experimental study. *JMIR Medical Education*, 11, e73666. <https://doi.org/10.2196/73666>
- Atencio Paulino, J. I., Galarza Caceres, D. N., Santivañez Lazo, A. A., Huaman Julian, L. K., Huaripata Safora, M. M., & Condor Elizarbe, I. R. (2025). Uso de técnicas de estudio basadas en evidencia científica en estudiantes de medicina, Perú. *Medicina Clínica y Social*, 7(3). <https://doi.org/10.52379/mcs.v7i3.326>
- Baah, C., Govender, I., & Rontala Subramaniam, P. (2023). Explorando el papel de la gamificación en la motivación de los estudiantes para aprender. *Cogent Education*, 10 (1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2210045>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
- Capili, B., & Anastasi, J. K. (2024). An introduction to the quasi-experimental design (nonrandomized design). *American Journal of Nursing*, 124(11), 50–52. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0001081740.74815.20>
- Devendra, N., & Karkera, S. (2024). Innovation In Biochemistry Teaching In Spiral Curriculum: Enhancing Student Engagement And Learning. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 23(9), 1–6. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jdms/papers/Vol23-issue9/Ser-11/A23091101.pdf>
- Esquivel, N. G., López, E., & Telmo, R. A. (2025). Percepción de la gamificación en la educación médica: un estudio en estudiantes de Medicina en Paraguay. *Educación Médica*, 26(6), 101104. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101104>
- Fernández-García, P., Vallejo-Seco, G., Livacic-Rojas, P. E., & Tuero-Herrero, E. (2014). Validez estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología*, 30(2), 756–771. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>.

- Ganotice, F. A., Chan, K. M. K., Chan, S. L., Chan, S. so C., Fan, K. K. H., Lam, M. P. S., ... Tipoe, G. L. (2023). Applying motivational framework in medical education: a self-determination theory perspectives. *Medical Education Online*, 28(1). <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2178873>
- Ghafouri, R., Ghasemniaye Namaghi, S., & Khoshgoui, B. (2025). The effect of gamification on the medication knowledge, performance and satisfaction of nurses in continued medical education: A quasi-experimental study. *PLoS ONE*, 20(9), e0331372. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0331372>
- Gueorguieva, R., & Krystal, J. H. (2004). Move over ANOVA: Progress in analyzing repeated-measures data and its reflection in papers published in the Archives of General Psychiatry. *Archives of General Psychiatry*, 61(3), 310–317. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.61.3.310>
- Heber, S., Grasl, M. C., & Volf, I. (2023). A successful intervention to improve conceptual knowledge of medical students who rely on memorization of disclosed items. *Front. Physiol*, 14, 1258149. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1258149>
- Hsu, M.-H., & Chen, Y.-H. (2024). Personalized medical terminology learning game: Guess the term. *Games for Health Journal*, 13(2), 84–92. <https://doi.org/10.1089/g4h.2023.0054>
- Javed, K., Rafique, S., & Azhar, T. (2022). Impact of gamification on education prime time. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences* 16(03), 18–18. <https://doi.org/10.53350/pjmhs2216318>
- Justicia-Vico, M., Sánchez-Díaz, M., Montero-Vílchez, T., Arias-Santiago, S., Buendía-Eisman, A., & de la Sierra Girón-Prieto, M. (2025). Análisis de la percepción del alumnado sobre la gamificación como estrategia docente en estudiantes de Medicina de la Universidad de Granada. *Educación Médica*, 27(2), 101147 <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101147>
- Karimian, Z., Momeni, M., & Zarifsanaie, N. (2025). Enhancing radiographic interpretation: Effects of gamification on medical students' knowledge, skills, and satisfaction—A quasi-experimental study. *BMC Medical Education*, 25, 958. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07523-x>.
- Koivisto, J. M., Niemi, H., Multisilta, J., & Eriksson, E. (2017). Procesos de aprendizaje experiencial de estudiantes de enfermería mediante un juego de simulación 3D en línea. *Educación y Tecnologías de la Información*, 22, 1783-1798. <http://doi.org/10.1007/s10639-015-9453-x>
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest package: Tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.

- Lai, A. K. H., Azhar, A. M. bin N., Bustam, A. b., Tiong, X. T., Chan, H. C., & Chew, K. S. (2020). A comparison between the effectiveness of a gamified approach with the conventional approach in point-of-care ultrasonographic training. *BMC Medical Education*, 20, 263. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02173-7>
- Lam, Y. W., Hew, K. F., & Chiu, K. F. (2018). Improving argumentative writing: Effects of a blended learning approach and gamification. *Language Learning & Technology*, 22(1), 97–118. <https://doi.org/10.64152/10125/44583>
- Llamas, A., Tejada, M., González, D., & Fernández, E. (2019). ¿Es posible hacer divertido y ameno el estudio de la bioquímica?: La gamificación para aprender. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, 8(2), 1–11. <https://doi.org/10.21071/ripadoc.v8i2.12162>
- Lee, C.-Y., Lee, C.-H., Lai, H.-Y., Chen, P.-J., Chen, M.-M., & Yau, S.-Y. (2025). Emerging trends in gamification for clinical reasoning education: A scoping review. *BMC Medical Education*, 25, 435. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07044-7>
- Lohitharajah, J., & Youhasan, P. (2022). Utilizing gamification effect through Kahoot in remote teaching of immunology: Medical students' perceptions. *Journal of advances in medical education & professionalism*, 10(3), 156–162. <https://doi.org/10.30476/JAMP.2022.93731.1548>
- López Esquivel, N. G., León-Castelao, E., & Aveiro-Róbaló, T. R. (2025). Percepción de la gamificación en la educación médica: Un estudio en estudiantes de Medicina en Paraguay. *Educación Médica*, 26(6), 101104. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101104>
- López-Jiménez, J. J., Fernández-Alemán, J. L., García-Berná, J. A., López González, L., González Sequeros, O., Nicolás Ros, J., Carrillo de Gea, J. M., Idri, A., & Toval, A. (2021). Effects of Gamification on the Benefits of Student Response Systems in Learning of Human Anatomy: Three Experimental Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13210 <https://doi.org/10.3390/ijerph182413210>
- Lujan, H. L., & DiCarlo, S. E. (2025). The paradox of knowledge: Why medical students know more but understand less. *Medical Science Educator*, 35, 1761–1766. <https://doi.org/10.1007/s40670-025-02379-8>
- Mancilla-Animas, N. M., Lugo-Jurado, H. A., Salgado-Martínez, J. A., & Martínez-Matías, Á. (2025). Gamificación en la Educación Médica: Una revisión sistemática de su impacto en las competencias clínicas. *Invest Med ISSSTE*, 1(1), 49–51. <https://dx.doi.org/10.35366/121751>
- McCoy, L., Lewis, J. H., & Dalton, D. (2016). Gamification and multimedia for medical education: A landscape review. *Journal of the American Osteopathic Association*, 116(1), 22–34. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2016.003>

- Miller, S. A., Perrotti, W., Silverthorn, D. U., Dalley, A. F., & Rarey, K. E. (2002). From college to clinic: Reasoning over memorization is key for understanding anatomy. *The Anatomical Record*, 269(2), 69–80. <https://doi.org/10.1002/ar.10071>
- Ohn, M. H., Ohn, K. M., Souza, U. D., Yusof, S., & Ariffin, Z. (2019). Effectiveness of innovative gamified learning among undergraduate medical students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1358, 012060. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1358/1/012060>
- Ortiz-Rojas, M., Chiluita, K., & Valcke, M. (2023). Gamification in computer programming: Effects on learning, engagement, self-efficacy and intrinsic motivation. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(2), 380–394. <https://doi.org/10.1002/cae.12116>
- Osmanović Zajić, J. S., & Maksimović, J. Ž. (2022). Quasi-experimental research as an epistemological-methodological approach in education research. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 10(3), 177–183. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2022-10-3-177-183>.
- Park, S., & Kim, S. (2021). Is Sustainable Online Learning Possible with Gamification?—The Effect of Gamified Online Learning on Student Learning. *Sustainability*, 13(8), 4267. <https://doi.org/10.3390/su13084267>
- Pilotti, M., Alkuhayli, H., & Al Ghazo, R. (2022). Memorization practice and academic success in Saudi undergraduate students. *Learning and Teaching in Higher Education: Gulf Perspectives*, 18(1), 19–31. <https://doi.org/10.1108/LTHE-08-2020-0030>
- Pimienta, S., & Boude, O. (2022). Gamificación en educación médica: un aporte para fortalecer los procesos de formación. *Educación Médica Superior*, 36(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412022000400011&script=sci_arttext
- Rodríguez-Guzmán, M., García-González, J., Lara-Palomo, I. C., Rodríguez-García, M. C., Lirola-González, M. M., & Márquez-Hernández, V. V. (2026). Gamification and sexual and reproductive health in nursing students: A quasi-experimental study. *Teaching and Learning in Nursing*, 21(2), e810-e816. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2026.01.013>
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Russell, F. M., Lobo, D., Herbert, A., Kaine, J., Pallansch, J., Soriano, P., Adame, J. D., & Ferre, R. M. (2023). Gamification of POCUS: Are students learning? *Western Journal of Emergency Medicine*, 24(2), 243–248. <https://doi.org/10.5811/westjem.2022.11.57730>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>

- Sahin, M. C., & Arslan Namli, N. (2016). Gamification and effects on students' science lesson achievement. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 7(1), 41–52. <https://ijonte.elapublishing.net/files/108/MAN/7-1/7-1-4.pdf>.
- Sari, K. B. P., Nitiasih, P. K., & Budiarta, L. G. R. (2020). Gamification based on local stories' effect on students' learning motivation. *International Journal of Language and Literature*, 4(2), 69–80. <https://doi.org/10.23887/ijll.v4i2.30291>.
- Singhal, S., Hough, J., & Cripps, D. (2019). Twelve tips for incorporating gamification into medical education. *MedEdPublish* (2016), 8, 216. <https://doi.org/10.15694/mep.2019.000216.1>
- Sundareswaran, L., Krishnan, S., Sinha, A., Naveen, P., Mahanta, A., & Bhattacharjee, M. (2024). Making a serious game (gamification) for generation Z medical students to learn, teach, and assess medical physiology. *Journal of Education and Health Promotion*, 13(1), 212. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1177_23
- Surapaneni, K. M. (2024). “CARBGAME” (CARd & Board Games in Medical Education) as an innovative gamification tool for learning clinical enzymology in biochemistry for first-year medical students. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 52(6), 666–675. <https://doi.org/10.1002/bmb.21857>
- Szeto, M. D., Strock, D., Anderson, J., Sivesind, T. E., Vorwald, V. M., Rietcheck, H. R., Weintraub, G. S., & Dellavalle, R. P. (2021). Gamification and game-based strategies for dermatology education: Narrative review. *JMIR Dermatology*, 4(2), e30325. <https://doi.org/10.2196/30325>
- Van Gaalen, A. E. J., Brouwer, J., Schönrock-Adema, J., Bouwkamp-Timmer, T., Jaarsma, A. D. C., & Georgiadis, J. R. (2021). Gamification of health professions education: A systematic review. *Advances in Health Sciences Education*, 26(2), 683–711. <https://doi.org/10.1007/s10459-020-10000-3>
- Wang, Y.-F., Hsu, Y.-F., Fang, K.-T., & Kuo, L.-T. (2024). Gamification in medical education: Identifying and prioritizing key elements through Delphi method. *Medical Education Online*, 29(1), 2302231. <https://doi.org/10.1080/10872981.2024.2302231>
- Yang, S.-Y., & Oh, Y.-H. (2022). The effects of neonatal resuscitation gamification program using immersive virtual reality: A quasi-experimental study. *Nurse Education Today*, 117, 105464. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105464>

Financiación

La publicación de este artículo fue financiada por la Universidad de la Salud del Estado de Puebla (USEP).

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de Autoría:

Conceptualización: Denisse Cruz Trejo, Joselyn Ramiro Zamitiz.

Curación de datos: Joselyn Ramiro Zamitiz, Katia Guadalupe Mariscal Flores, Salma Quiroz De Alba.

Análisis formal: Víctor Iván Viruega Góngora.

Adquisición de fondos: Denisse Cruz Trejo.

Investigación: Denisse Cruz Trejo, Joselyn Ramiro Zamitiz, Katia Guadalupe Mariscal Flores, Salma Quiroz De Alba.

Metodología: Denisse Cruz Trejo.

Administración del proyecto: Denisse Cruz Trejo.

Recursos – Materiales: Joselyn Ramiro Zamitiz, Katia Guadalupe Mariscal Flores, Salma Quiroz De Alba.

Software – Programación: Víctor Iván Viruega Góngora.

Supervisión: Denisse Cruz Trejo, Víctor Iván Viruega Góngora.

Validación: Denisse Cruz Trejo, Víctor Iván Viruega Góngora.

Visualización: Víctor Iván Viruega Góngora.

Redacción – borrador original: Denisse Cruz Trejo, Joselyn Ramiro Zamitiz, Katia Guadalupe Mariscal Flores, Salma Quiroz De Alba.

Redacción – revisión y edición: Denisse Cruz Trejo, Víctor Iván Viruega Góngora.