

Improving Academic Performance through Pedagogical Strategies: Case Study of General Chemistry in the First Semester of University

J.Montenegro, M.Sc¹; E. Haro, M.Sc²; M. Vallejo, M.Sc³ and A. Proaño, M.Sc⁴

^{1,2,3}Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, jessica.montenegrov@epn.edu.ec, edgar.haro@epn.edu.ec, maria.vallejo@epn.edu.ec,
antonio.proano@epn.edu.ec

Abstract– The study analyzes the implementation of Open Educational Resources (OER) and Information and Communication Technologies (ICT) in the teaching of General Chemistry at the National Polytechnic School (EPN) and its impact on the academic performance of first-semester engineering students. The research follows a quantitative and quasi-experimental approach, comparing control groups and two intervention groups (I1 and I2) over four academic periods (2022B - 2024A).

The results show an increase in the passing rate in the intervention groups, reaching up to 83% in 2024A, in contrast to the control group which started with only 25.5% in 2022B. However, despite this improvement, final grades did not increase proportionally. Statistical analyses, including chi-square and ANOVA tests, reveal significant differences in some periods, especially in group I2.

Several key factors were identified: the incorporation of virtual laboratories, interactive simulations and bi-monthly projects facilitated learning, but their impact focused on reducing failure rather than improving overall performance. The adaptation of the control group to intervention strategies in the last academic periods also leveled the differences.

The study concludes that the use of OER and ICT is effective in increasing the pass rate, but new pedagogical strategies are required to improve overall grades and not just avoid failure.

Keywords– *Chemistry, Open educational resources, Experimentation, Academic performance, Information and Communication Technologies.*

Mejoramiento del Rendimiento Académico mediante estrategias pedagógicas: Estudio de caso Química General en Primer Semestre Universitario

J.Montenegro, M.Sc¹; E. Haro, M.Sc²; M. Vallejo, M.Sc³ and A. Proaño, M.Sc⁴
^{1,2,3,4}Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, jessica.montenegrov@epn.edu.ec, edgar.haro@epn.edu.ec,
maria.vallejo@epn.edu.ec, antonio.proano@epn.edu.ec

Resumen–

El estudio analiza la implementación de Recursos Educativos Abiertos (REA) y Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza de Química General en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y su impacto en el rendimiento académico de los estudiantes de primer semestre de ingeniería. La investigación sigue un enfoque cuantitativo y cuasi-experimental, comparando grupos de control y dos grupos de intervención (I1 e I2) a lo largo de cuatro periodos académicos (2022B - 2024A).

Los resultados muestran un incremento en la tasa de aprobación en los grupos de intervención, alcanzando hasta un 83% en 2024A, en contraste con el grupo de control que inició con solo un 25.5% en 2022B. Sin embargo, a pesar de esta mejora, las calificaciones finales no aumentaron de manera proporcional. Los análisis estadísticos, incluyendo pruebas de chi-cuadrado y ANOVA, revelan diferencias significativas en algunos periodos, especialmente en el grupo I2.

Se identificaron varios factores clave: la incorporación de laboratorios virtuales, simulaciones interactivas y proyectos bimestrales facilitó el aprendizaje, pero su impacto se centró en reducir la reprobación más que en mejorar el rendimiento general. La adaptación del grupo de control a estrategias de intervención en los últimos periodos académicos también niveló las diferencias.

El estudio concluye que el uso de REA y TIC es efectivo para aumentar la tasa de aprobación, pero se requieren nuevas estrategias pedagógicas para mejorar las calificaciones globales y no solo evitar la reprobación.

Palabras clave—Química, Recursos educativos abiertos, Experimentación, Rendimiento Académico, Tecnologías de la Información y Comunicación.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del programa académico para la formación de ingenieros sin importar su especialidad, la Química es una disciplina fundamental ya que proporciona conocimientos clave sobre la composición, estructura y propiedades de la materia, así como las propiedades de los estados de la materia y su transformación. Dichos conocimientos son aplicables por ejemplo en campos como la ingeniería civil, mecánica, eléctrica, industrial, ambiental entre otros [1].

Sin embargo, la enseñanza de la química en el primer semestre universitario enfrenta múltiples desafíos, entre los que se incluyen la percepción de su relevancia por parte de los estudiantes, muchos estudiantes de ingeniería consideran que la química no es relevante para su especialidad, lo que puede generar desinterés y afectar su rendimiento académico [2]. Otro reto significativo es la complejidad inherente de los conceptos químicos, que a menudo requieren una sólida base teórica y habilidades abstractas para su comprensión. Esta complejidad puede resultar intimidante para los estudiantes, especialmente aquellos que no cuentan con una preparación adecuada en ciencias durante su educación secundaria.

Además, los métodos de enseñanza tradicionales, centrados en la transmisión unidireccional de conocimientos, pueden no ser efectivos para abordar las necesidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes actuales. La falta de actividades prácticas y contextos aplicados puede dificultar la conexión entre la teoría y la práctica, limitando la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales [3].

Para superar los desafíos en la enseñanza de la Química en el primer semestre universitario, es fundamental la implementación de estrategias didácticas innovadoras que fomenten un aprendizaje activo y contextualizado. En este contexto, los Recursos Educativos Abiertos (REA) y la experimentación se presentan como herramientas clave para mejorar la comprensión y motivación de los estudiantes.

Los REA son materiales de enseñanza, aprendizaje e investigación en cualquier formato y medio que son de dominio público o se distribuyen con una licencia abierta que permite su acceso, uso, adaptación y redistribución gratuitos por parte de terceros [4]. La integración de REA con Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) amplía las oportunidades educativas, proporcionando recursos accesibles, interactivos y actualizados.

El uso combinado de REA y TIC en la enseñanza de la química ha demostrado ser eficaz para mejorar el aprendizaje, facilitar el acceso a contenido actualizado y promover la interactividad [5] [6].

Entre los principales beneficios se encuentran:

- Accesibilidad y flexibilidad: Los estudiantes pueden acceder a materiales educativos en cualquier momento y lugar, permitiendo un aprendizaje autónomo y adaptado a sus necesidades individuales [7]. La combinación de plataformas digitales con REA facilita la personalización del aprendizaje y la inclusión de estudiantes con distintos niveles de conocimientos previos.

-Actualización constante: A diferencia de los libros de texto tradicionales, los REA pueden actualizarse continuamente para reflejar los avances científicos y pedagógicos. Las TIC permiten que estos recursos sean compartidos en plataformas abiertas, asegurando que los estudiantes accedan a información vigente y relevante [8].

-Diversidad de formatos y estilos de aprendizaje: Los REA pueden incluir videos, simulaciones, laboratorios virtuales, infografías y documentos interactivos que facilitan la comprensión de conceptos complejos [8]. Las TIC potencian el uso de estos formatos mediante realidad aumentada, simulaciones 3D y laboratorios virtuales que permiten experimentar con fenómenos químicos sin riesgos ni restricciones de equipamiento.

-Aprendizaje activo y colaborativo: Los REA y las TIC promueven la construcción del conocimiento a través de herramientas interactivas como foros, blogs, wikis y plataformas de aprendizaje en línea, donde los estudiantes pueden compartir ideas, resolver problemas en equipo y desarrollar proyectos colaborativos [9].

Otro punto importante en la enseñanza de la Química es la experimentación, ya que permite a los estudiantes observar directamente los fenómenos químicos, reforzar la teoría aprendida y desarrollar habilidades críticas como el pensamiento analítico y la resolución de problemas. La integración de TIC en la experimentación química se ha

convertido en una alternativa viable en diversos contextos educativos.

-Laboratorios virtuales: Son simulaciones digitales que replican los experimentos de un laboratorio real, permitiendo a los estudiantes explorar y manipular materiales y procesos de manera interactiva. Plataformas como PhET Interactive Simulations, ChemCollective han demostrado ser herramientas efectivas para la enseñanza de conceptos de química general y avanzada [10].

-Realidad virtual y aumentada: Aplicaciones de realidad aumentada y realidad virtual ofrecen experiencias inmersivas en las que los estudiantes pueden visualizar estructuras moleculares en 3D, realizar experimentos simulados y comprender interacciones químicas complejas de manera más intuitiva [11].

A nivel mundial, la implementación de Recursos Educativos Abiertos (REA) y el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la enseñanza de la química han demostrado mejoras significativas en el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes hacia esta disciplina. Estudios recientes indican que la aplicación de TIC en la enseñanza de la química no solo facilita la comprensión de conceptos complejos, sino que también desarrolla competencias digitales en los estudiantes, promoviendo un aprendizaje más interactivo y efectivo [12] [13].

En este contexto, se presenta un análisis cuantitativo sobre la implementación de REA a través de TIC en la asignatura de Química General para estudiantes de primer semestre de las carreras de ingeniería ofertadas por la Escuela Politécnica Nacional (EPN). El estudio examina la relación entre el uso de estas herramientas y el rendimiento académico de los estudiantes, considerando indicadores como la tasa de aprobación y las calificaciones obtenidas.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio

El presente estudio sigue un enfoque cuantitativo, ya que analiza el impacto de la implementación de REA, uso de TIC y actividades experimentales en el rendimiento académico de los estudiantes. Se emplea un diseño cuasi-experimental con grupo de control y grupos de intervención Intervención 1 (I1) e Intervención 2 (I2).

El análisis incluyó:

- Evaluación de la tasa de aprobación.
- Estudio de las calificaciones finales de los estudiantes a lo largo de los periodos académicos considerados.

- Descripción de las adaptaciones y cambios metodológicos implementados en la cátedra durante estos periodos,

Para determinar si existía una diferencia significativa en el rendimiento académico entre el grupo de control y los grupos de intervención, se consideró la nota final excluyendo factores económicos, ambientales y sociales.

Se aplicaron los siguientes análisis estadísticos:

- Prueba de chi-cuadrado para evaluar la tasa de aprobación por periodo académico.
- Prueba ANOVA para comparar las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los distintos grupos por periodo académico.

B. Participantes

La asignatura de Química General es una materia básica común impartida en todas las carreras de ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional. Se sigue un programa académico unificado y las evaluaciones parciales y finales se aplican de manera conjunta a todos los estudiantes, garantizando un nivel de conocimientos homogéneo.

Para el presente estudio, se analizaron datos de 555 estudiantes distribuidos en cuatro periodos académicos (2022B, 2023A, 2023B y 2024A), como se detalla en la Tabla I.

TABLA I
 NÚMERO DE ESTUDIANTES POR PERIODO

PERIODO	GRUPO	ESTUDIANTES
2022B	CONTROL	47
	I1	49
	I2	57
2023A	CONTROL	51
	I1	39
	I2	49
2023B	CONTROL	42
	I1	52
	I2	46
2024A	CONTROL	43
	I1	40
	I2	40
TOTAL		555

C. Estrategias académicas implementadas por periodo académico

Los semestres considerados en este estudio fueron impartidos en modalidad presencial. A partir del semestre 2022B, la cátedra de Química General decidió implementar una estrategia académica en dos grupos de intervención (I1 e I2).

Durante todos los semestres analizados, la cátedra se dictó con 4 horas semanales, sin horas asignadas específicamente para experimentación. Las evaluaciones parciales y finales fueron realizadas de manera conjunta en cada periodo académico, asegurando que todos los estudiantes sean evaluados bajo los mismos criterios.

Semestres 2022B y 2023A

• Grupo de control

- Se utilizó la metodología tradicional, basada en clases magistrales con presentaciones en diapositivas y resolución de ejercicios.
- Se siguió la estructura de calificación establecida por la cátedra.

• Grupos de Intervención

- Se incorporaron prácticas virtuales en la plataforma PhET Interactive Simulations, con simulaciones sobre:

Forma de la molécula.

Propiedades de los gases.

- Se implementó la actividad de proyecto bimestral, en la que los estudiantes:

Seleccionaron un experimento cualitativo relacionado con los temas revisados en la cátedra (se sugirieron ejemplos como videos de YouTube). Para el primer bimestre el estudiante presentaba un informe estructurado sobre el experimento realizado.

El segundo bimestre los estudiantes en grupo elaboraron un video explicativo con una duración máxima de 5 minutos, destacando los puntos clave del informe.

- Se siguió la estructura de calificación establecida por la cátedra.

Semestres 2023B y 2024A

- *Grupo de Control*

- Debido a la baja tasa de aprobación en la asignatura, se decidió incorporar la actividad de proyecto bimestral en todos los grupos de la cátedra de Química.

- *Grupos de Intervención*

- Se integraron actividades experimentales en el aula, incluyendo dos prácticas presenciales sobre:

Geometría Electrónica , Geometría Molecular y

Dilución de Soluciones.

- Se incluyeron REA realizados en el Proyecto de Vinculación "La Química Experimental", en el cual los profesores de los grupos de intervención forman parte.

- Se utilizaron guías didácticas de prácticas

- Se incorporaron videos educativos en YouTube sobre temas clave en química, con el objetivo de aumentar la motivación de los estudiantes, videos compartidos en el canal de YouTube https://www.youtube.com/@thegood_chemist, como REA del proyecto "La Química Experimental".

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Escuela Politécnica Nacional la calificación final para aprobar una asignatura es de 28 puntos. Se trabaja en dos bimestres de los cuales se obtienen notas parciales sobre 20 puntos, la nota final de aprobación se entrega sobre 40 puntos.

D. Tasa de aprobación

En la Figura 1 se muestra la evolución de la tasa de aprobación por grupos para los distintos periodos académicos considerados en el estudio.

Se puede observar que en 2022B los grupos de intervención presentaron una tasa de aprobación significativamente mayor (55.1% y 59.6%) comparado con el grupo de control que presenta 25.5%.

En el periodo 2023A, la tasa de aprobación del grupo de control bajó drásticamente a 11.76 % mientras que los grupos de intervención mejoran considerablemente (61.54% y 75.51%).

Para el 2023B, la tasa de aprobación del grupo de control subió a 52.38% mientras que los grupos de intervención mantuvieron un porcentaje entre 70 a 75 % aproximadamente.

En 2024A, se observa una mejora general en la tasa de aprobación donde el grupo de control alcanzó 62.79% y los grupos de intervención lograron los valores más altos cercanos al 83%.

Los grupos de intervención tuvieron consistentemente menores tasas de reprobación, con una notable reducción en 2024A (17.5% y 20%), lo que sugiere un impacto positivo de las estrategias implementadas.

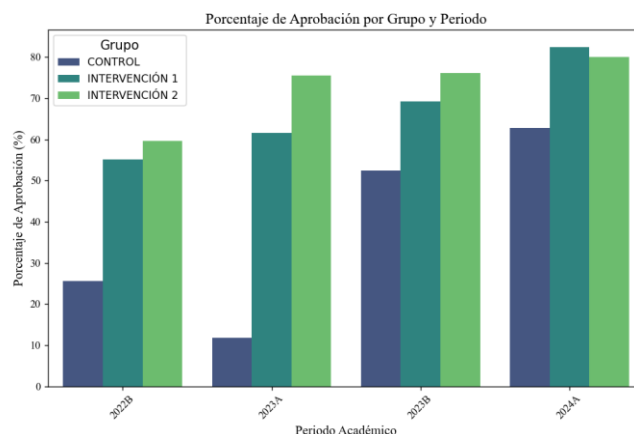


Fig. 1 Tasa de aprobación por Grupo y Periodo

Para analizar si existen diferencias significativas en la tasa de aprobación de los estudiantes para los grupos de control e intervención en cada periodo académico se realizó la Prueba de Chi- cuadrada, para lo cual se planteó las siguientes hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en los porcentajes de aprobación entre el grupo de control e intervención.

H_1 : Al menos un grupo presenta una diferencia significativa en el porcentaje de aprobación respecto a los demás.

En la Tabla II se muestran los p-valores correspondientes a la comparación de grupos por periodo académico considerado para el grupo de control y los grupos de intervención I1 e I2.

TABLA II
COMPARATIVA DE P-VALOR PRUEBA CHI-CUADRADA

p-valor	2022B		2023A		2023B		2024A	
	I1	I2	I1	I2	I1	I2	I1	I2
CONTROL	0.0061	0.0010	2.16E-6	4.53E-10	0.1450	0.0356	0.0785	0.1374

Para los periodos académicos 2022B, 2023A el p-valor presenta valores menores que 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis nula. Esto sugiere que existe una diferencia significativa en la tasa de aprobación entre el grupo de control y los grupos de intervención I1 e I2.

En el periodo 2023B la diferencia entre el grupo de Control e I1 no es significativa ya que p-valor es mayor que 0.05, pero entre Control e I2 sí lo es. Esto sugiere que las estrategias aplicadas en el grupo I2 tuvieron un mayor impacto en la mejora de la tasa de aprobación.

La tasa de aprobación no presenta diferencia significativa entre el grupo de control y los grupos de intervención para el periodo 2024A, lo que sugiere que las estrategias incorporadas por el grupo de control presentaron un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes.

Este análisis permite concluir que, en general, las intervenciones implementadas han tenido un efecto positivo significativo en los porcentajes de aprobación, especialmente en los primeros semestres (2022B y 2023A), de tal manera que el semestre 2024A no se presentan diferencias entre los grupos.

E. Calificaciones obtenidas por los estudiantes

En la Figura 1 se muestra un gráfico de caja y bigotes donde se puede observar las medianas del puntaje final obtenido por los estudiantes para cada grupo y en los periodos académicos considerados.

Se puede observar que la mediana del grupo de control e I1 es casi similar para el periodo 2022B, el grupo I2 presenta una mediana más alta, además de que presenta mayor variabilidad en sus datos y un rango de valores más disperso en comparación a los otros dos grupos, por lo que se puede interpretar que en el grupo I2 se ha logrado un impacto positivo en el rendimiento en comparación con el grupo I1 que presenta una media similar al del grupo de control.

Para el 2023A los grupos de intervención muestran una mejora clara respecto al grupo de control que presenta una mediana menor y valores atípicos.

La mediana de los grupos de control mejora presentando un valor casi similar en el periodo 2023B, se nota además que la mediana del grupo de control es mayor que en el 2022A, se puede notar que la implementación de la estrategia con REA impactó de manera positiva en el rendimiento de los estudiantes.

En el 2024A, el grupo de control mejora significativamente su mediana, acercándose más a los grupos de intervención, los grupos I1 e I2 presentan un comportamiento similar con medianas elevadas y una dispersión de datos controlada, se presentan valores atípicos en estos grupos.

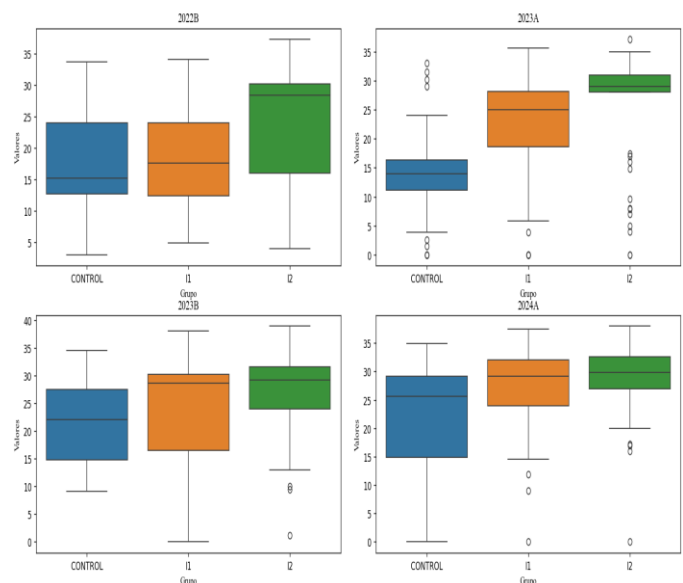


Fig. 2 Diagrama de caja y bigotes por grupo y periodos académicos considerados

Se puede concluir que las estrategias de intervención con REA y TIC han presentado un impacto positivo en la mejora de calificaciones, el grupo de intervención I2 presentó un mejor desempeño en casi todos los periodos con medianas más altas y menor dispersión, para el 2024A el grupo de control mejoró su rendimiento, lo que sugiere una adaptación a las estrategias implementadas; sobre los datos atípicos se aprecia que disminuyen con el tiempo lo que indica una mayor estabilidad en el rendimiento estudiantil.

En la Figura 3, se muestra la distribución de las calificaciones obtenidas por periodo académico y grupos, En los primeros periodos (2022B, 2023A), el grupo de control muestra un peor desempeño en comparación con los grupos de intervención.

El grupo I2 tuvo consistentemente mejores resultados en todos los periodos académicos, con una distribución más desplazada hacia valores altos. En 2024A, la diferencia entre los grupos se redujo, lo que sugiere que el grupo de control mejoró gracias a las estrategias implementadas. Los periodos 2023A y 2023B muestran la mayor variabilidad en los datos, con picos múltiples y mayor dispersión en las calificaciones.

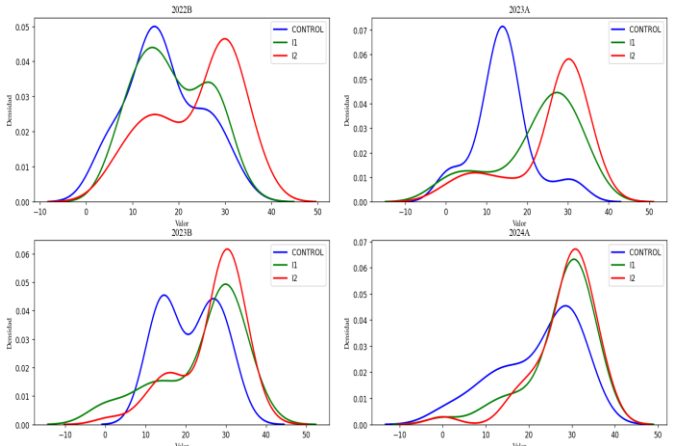


Fig. 3 Funciones de densidad calificación final

Se realizó un estudio de homogeneidad en las varianzas mediante la prueba de Levene los resultados se presentan en la Tabla III.

TABLA III
COMPARATIVA DE P-VALOR PRUEBA LEVENE

p-valor	2022B		2023A	
	I1	I2	I1	I2
CONTROL	0.777	0.06	0.0074	0.0064
	2023B		2024A	
CONTROL	I1	I2	I1	I2
	0.0192	0.9721	0.035	0.00432

Se consideraron las siguientes hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en las varianzas entre los grupos.

H_1 : Al menos un grupo presenta una varianza significativamente diferente.

Como se puede observar no todos los periodos presentan homogeneidad en las varianzas ya que el p-valor es menor a 0.05.

Para comparar la media de las calificaciones obtenidas por los estudiantes para cada periodo en los grupos de control e Intervención se realizó un análisis ANOVA los resultados se presentan en la Tabla IV.

TABLA IV
COMPARATIVA DE P-VALOR ANOVA

p-valor	2022B		2023A	
	I1	I2	I1	I2
CONTROL	0.2878	0.000177	0.000028	0.00001
	2023B		2024A	
CONTROL	I1	I2	I1	I2
	0.10975	0.001202	0.006608	0.000875

Se consideraron las siguientes hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en las medias entre los grupos.

H_1 : Al menos un grupo presenta una media significativamente diferente.

Se puede observar que 2022B y 2023B no son significativos ($p > 0.05$) por lo que no se presentan diferencias claras entre los grupos en estos periodos. Para 2023A y 2024A son significativos ($p < 0.05$) es decir existen diferencias estadísticamente significativas en estos periodos.

Para el grupo I2 en todos los diferentes periodos presenta $p < 0.05$, en comparación con el grupo de control lo que indica que hay diferencias significativas en todos los casos.

En general la metodología aplicada parece ser más efectiva en ayudar a los estudiantes a superar el umbral mínimo de aprobación (28/40), en lugar de elevar significativamente sus calificaciones en términos generales.

En los periodos más recientes 2024A, existen menos estudiantes con notas extremadamente bajas, lo que sugiere que las estrategias implementadas ayudaron a los alumnos con más dificultades a mejorar lo suficiente para aprobar, pero no necesariamente a sobresalir.

La implementación de laboratorios virtuales, simulaciones y REA probablemente redujo la cantidad de estudiantes que fallaban la materia, pero no aseguraron un aumento uniforme en los puntajes más altos. Aunque las nuevas metodologías hacen que los contenidos sean más accesibles, los estudiantes con hábitos de estudio deficientes pueden seguir logrando

únicamente el mínimo necesario para aprobar sin buscar un mayor rendimiento.

IV. CONCLUSIONES

La implementación de estrategias como laboratorios virtuales, simulaciones interactivas y proyectos bimestrales en los grupos de intervención resultó en una mejora en la tasa de aprobación, alcanzando hasta el 83% en el periodo 2024A, en comparación con el grupo de control.

Con el tiempo, el grupo de control incorporó estrategias utilizadas en los grupos de intervención, lo que resultó en una mejora en su rendimiento académico, reduciendo la diferencia entre los grupos en los periodos académicos más recientes.

El análisis del gráfico de caja y bigotes muestra que, aunque la mediana de calificaciones mejora en los grupos de intervención, la dispersión sigue siendo alta.

El incremento en la tasa de aprobación indica que las estrategias implementadas fueron exitosas en reducir la cantidad de reprobados, asegurando que más estudiantes comprendieran lo básico y logaran la puntuación mínima necesaria. Sin embargo, la distribución de calificaciones sigue siendo heterogénea, con una falta de mejora significativa en los puntajes más altos. Esto sugiere que, si bien los REA y las TIC han sido eficaces para el aprendizaje básico, se podrían implementar estrategias adicionales para impulsar el rendimiento de los estudiantes con mejor desempeño y no solo evitar la reprobación.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Al Jefe de cátedra de Química por permitir aplicar las propuestas innovadoras y apoyarnos en el Proyecto de Vinculación “La Química Experimental”.

REFERENCIAS

- [1] J. S. Fernández, R. López y M. García, "Integración de la Química General en la carrera de Ingeniería Civil," *Revista Científica de Ingeniería y Tecnología*, vol. 5, no. 3, pp. 45-60, 2015. [En línea]. Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212015000300004&script=sci_arttext.
- [2] J. C. Ruiz Moedano, U. J. Vega Cadena y C. D. May Ramos, "La relevancia de la química en la formación académica y profesional de un ingeniero empresarial en la Riviera Maya," *ResearchGate*, 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/376704092_La_relevancia_de_la_quimica_en_la_formacion_academica_y_profesional_de_un_ingeniero_empresarial_en_la_Riviera_Maya.
- [3] R. C. Irala Sanabria, "Diferencias en la eficacia de la enseñanza tradicional y aplicación de las TIC en el proceso de aprendizaje de la Educación Superior," *Revista Científica de la UNVES*, vol. 6, no. 1, pp. 64-77, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://revistascientificas.unves.edu.py/index.php/rcunves/article/download/84/82/265>.
- [4] UNESCO, "Recursos Educativos Abiertos," [En línea]. Disponible en: <https://www.unesco.org/es/open-educational-resources>.
- [5] P. A. Layza Candela, E. M. Andrade Díaz, G. E. Fabián Sotelo y G. N. Torres Villanueva, "Las TIC en la enseñanza de la química: Una revisión sistemática," *TecnoHumanismo. Revista Científica*, vol. 2, no. 3, pp. 1-20,

- septiembre 2022. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8754072.pdf>.
- [6] J. Almachi, E. Bone y J. Montenegro, "Prediction and Analysis of the Cognitive Level of 15 Years Olds in Ecuador using Linear Regression of Multiple Variables," *International Multi-Conference for Engineering Education and Technology* 2018. DOI: 10.18687/LACCEI2018.1.1.93
- [7] M. Y. Melgarejo-Alcántara, N. J. Ninamango-Santos y J. M. Ramos-Moreno, "Aprendizaje autónomo y recursos educativos digitales en estudiantes universitarios," *Sinergias Educativas*, vol. 7, no. E1, pp. 1-15, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/240>.
- [8] C. M. Jhangiani y R. Biswas-Diener, *Open: The Philosophy and Practices that are Revolutionizing Education and Science*, Ubiquity Press, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5334/bbc>.
- [9] S. Wheeler, P. Yeomans y D. Wheeler, "The good, the bad and the wiki: Evaluating student-generated content for collaborative learning," *British Journal of Educational Technology*, vol. 39, no. 6, pp. 987-995, 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00799.x>.
- [10] J. S. Ganasen y P. Shamuganathan, "The Effectiveness of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulations in Enhancing Matriculation Students' Understanding of Chemical Equilibrium and Remediating Their Misconceptions," *Journal of Education and Practice*, vol. 8, no. 5, pp. 1-11, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/314134891>.
- [11] L. A. Abriata, "Towards Commodity, Web-Based Augmented Reality Applications for Research and Education in Chemistry and Structural Biology," *arXiv preprint arXiv:1806.08332*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1806.08332>.
- [12] L. Candela, E. M. Andrade Díaz, G. E. Fabián Sotelo y G. N. Torres Villanueva, "Las TIC en la enseñanza de la química: Una revisión sistemática," *TecnoHumanismo. Revista Científica*, vol. 2, no. 3, pp. 1-20, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8754072.pdf>.
- [13] P. G. Muñoz y L. A. Herrera, "Uso de Recursos Educativos Digitales para la Enseñanza de la Química," *Revista Minerva*, vol. 15, no. 1, pp. 72-89, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/minerva/article/download/726/1735/3231>.