

Simuladores virtuales para Química General en el Instituto Carmen Conte Lombardo Penonomé, Panamá

Virtual simulators for General Chemistry at the Carmen Conte Lombardo Institute, Penonome, Panama

Tídiam-Kala Santamaría,

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Química Física, Panamá.

tídiam.santamaria@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0000-5665-3279>

Yorlanys-Del Carmen Quintero-Cedeño

MEDUCA-Regional de Coclé, Panamá.

yorlanysq@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-7832-367X>

Fecha de recepción: 7 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2024

DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.48204/J.TECNO.V27N1.A6635](https://doi.org/10.48204/J.TECNO.V27N1.A6635)

RESUMEN

En esta investigación, se implementó una Unidad Didáctica Tecnológica (UDT) como estrategia de aprendizaje en los cursos de química del duodécimo grado en el Instituto Carmen Conte Lombardo, ubicado en la provincia de Coclé. La UDT tenía como la finalidad de mejorar las clases de química mediante el uso de herramientas tecnológicas, enfocándose en comprender los conceptos de cinética y equilibrio químico a través de simulaciones virtuales. Participaron dos grupos: el Grupo A se centró en cinética química, utilizando el simulador ChemLab y, el Grupo B que trabajó con equilibrio químico, utilizando tres actividades del simulador LaboVirtual Blogspot.

Con la aplicación de la UDT se observó un aumento del 83% en el aprendizaje de los conceptos de velocidad de reacción y un aumento del 72% en la comprensión de la influencia de los catalizadores. Las actividades diseñadas para el equilibrio químico también tuvieron resultados positivos, con un incremento del 22% en la comprensión utilizando el simulador LaboVirtual Blogspot.

La incorporación de herramientas tecnológicas en las escuelas de la región favorece el aprendizaje independiente y autónomo entre los estudiantes. Para las instituciones, ayuda a aumentar la motivación de los estudiantes, y cultivar un mayor interés por las ciencias, especialmente la Química.

PALABRAS CLAVES

Unidad Didáctica Tecnológica, autoaprendizaje, ChemLab, Labovirtual, pretest, post-test

ABSTRACT

In this research, a Technological Didactic Unit (TDU) was implemented as a learning strategy in twelfth-grade chemistry courses at Instituto Carmen Conte Lombardo in Coclé province. The TDU aimed to enhance chemistry classes by leveraging technological tools, focusing on understanding chemical kinetics and equilibrium concepts through virtual simulations. Two groups participated: Group A focused on chemical kinetics using the ChemLab simulator, while Group B worked on chemical equilibrium with three activities from the LaboVirtual Blogspot simulator.

Following the TDU implementation, there was an 83% increase in learning reaction rate concepts and a 72% improvement in understanding catalyst influence. The activities designed for chemical equilibrium also yielded positive outcomes, with a 22% increase in comprehension using the LaboVirtual Blogspot simulator.

The integration of technological tools in schools across the region promotes independent and autonomous learning among students. For institutions, it not only enhances student motivation but also cultivates a deeper interest in the sciences, with a particular emphasis on Chemistry.

KEYWORDS

Technological Didactic Unit, self-learning, ChemLab, Labovirtual, Pretest, Post-test

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Coclé, los fracasos escolares en el área de química han sido motivo de preocupación constante en el ámbito educativo (INEC, 2021). Este problema refleja dificultades significativas en la comprensión y aplicación de conceptos clave dentro de la disciplina. El potencial del uso de recursos informáticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, tales como los simuladores, desde sus inicios se ha valorado como un elemento que permite al estudiante explorar, experimentar y descubrir fenómenos naturales, con el potencial de motivar y mejorar su participación en el proceso de aprendizaje (Arguedas_Matarrita, et. al 2017; Barraqué, et. al, 2021; Cajilema, et. al, 2022; Chacha Chonillo-Sislema, 2022; Hernández-Onofre, et. al 2018).

Se desarrolló una Unidad Didáctica Tecnológica (UDT) para el duodécimo grado del Bachiller en Ciencias del Instituto Carmen Conté Lombardo, ubicado en Churuquita Chiquita de Penonomé, provincia de Coclé, República de Panamá. Este colegio fue fundado en 1970 y desde su fundación ha estado formando a jóvenes procedentes de más de 25 comunidades del área norte de Coclé. Actualmente tiene una matrícula de aproximadamente 649 estudiantes y un cuerpo docente de 42 miembros. Este plantel cuenta con 2 Bachilleres, uno

en Ciencias y otro en Turismo. Tradicionalmente, los estudiantes del Bachiller en Ciencias muestran mayor tasa de fracasos en materias como química porque encuentran dificultad para comprender fenómenos o principios abstractos.

La enseñanza de la Química en todos sus niveles es compleja, no sólo por sus contenidos, si no por el fuerte componente experimental de esta ciencia, y el desarrollo de problemas que exigen un modelo mental en el estudiante para su mejor comprensión, en parte por los riesgos asociado en las demostraciones experimentales, y por la carencia de la infraestructura adecuada para estas prácticas, que genera un vacío que aleja al estudiante del interés por esta ciencia (Murillo Pulgarín et. al, 2018). La disponibilidad creciente y acceso actual a recursos informáticos, softwares y simuladores, cada vez más amigables, ha permitido su incorporación al estudio de la Química, representando un avance para una mejor comprensión de esta ciencia y, una mejor forma de compartir el conocimiento por parte de los docentes de esta especialidad (Blanco López, 2018, Medina Valderrama, et. al, 2022).

La UDT diseñada, se aplicó de manera formal para la enseñanza de los temas de Cinética Química a través del simulador Chemlab y de Equilibrio Químico, con el simulador LaboVirtual, los cuales ofrecen entornos interactivos que permiten a los estudiantes explorar y experimentar con conceptos químicos de manera segura y eficaz (Alulima Alulima, et. al, 2021; Arroba Arroba, et. al, 2021; Chacha Cajilema, et. al, 2022; Torres Nieves, 2018). Para evaluar el impacto de la UDT, se formularon preguntas centrales sobre ambos temas, previo al uso de los simuladores, a través de un pretest, y luego del uso de los mismos, a través de la aplicación de un post-test (efectuando las mismas preguntas). El pretest permitió identificar el nivel de conocimiento inicial de los estudiantes, mientras que el post-test evaluó el impacto de la UDT en la comprensión de los temas. Con estos resultados, se obtuvo información sobre el grado de comprensión de los estudiantes sobre los temas desarrollados y, se logró identificar áreas que requieren mayor atención.

El uso de simuladores de laboratorio en la provincia de Coclé, a nivel de educación secundaria, representa una oportunidad para los estudiantes, para que se acerquen más a los fundamentos de las ciencias básicas, especialmente al estudio de la Química, entendiendo su importancia como un eje transversal en diversas disciplinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se ajusta a un diseño cuasi experimental porque se trata de un estudio pre/postest y por la forma no aleatoria de seleccionar a las dos poblaciones de estudio, los cuales ya estaban formadas antes de la implementación de la UDT. Se trabajó con los estudiantes del Bachiller en Ciencias quienes históricamente encuentran dificultad para asimilar los conceptos más abstractos de la química, lo que muchas veces provoca alta tasa

de fracasos en este curso. La UDT se desarrolló dentro del marco del proyecto SENACYT-PFIA-IACP-2022-12, y participaron docentes de este plantel y se contó con el apoyo de docentes de química de la Universidad de Panamá. Se estructuró la UDT acompañada de recursos tecnológicos como juegos educativos en línea, exposiciones explicativas (PowerPoint, aulas virtuales, videos personalizados, instructivos, entre otros), con la finalidad de evidenciar que los temas de interés (Cinética Química y Equilibrio Químico) tienen relación significativa con fenómenos de nuestra vida cotidiana y de esta forma, complementar la comprensión de los temas.

En esta UDT, se desarrollaron 12 sesiones de clases, una sesión por semana y en cada una de las sesiones se definieron los conceptos tratados del tema a trabajar, realizando una descripción detallada de los objetivos y actividades mediante exposiciones orales. Los resultados del pretest y post-test fueron tabulados y graficados utilizando el programa Jamovi.

Los sitios web y herramientas digitales como: Classroom, Google sites, YouTube, PowerPoint y videos personalizados fueron utilizados después de la aplicación de diagnóstica (Pre-Test) como aportación para el desarrollo de contenido de los temas de Cinética y Equilibrio Químico. (ver tabla N°1)

Tabla 1

Descripción de herramientas de la UDT

Herramientas tecnológicas	Metodología	Actividad
1. Simulador ChemLab	Explicativo-interactivo	Explicación de contenido de cinética química en una reacción redox
2. Simulador LaboVirtual (Equilibrio químico/Constante de equilibrio/ Principio de Le Chatelier)	Explicativo-interactivo	Resolución de experiencias de laboratorio virtuales de química
3. Google sites	Explicativo	Explicación de contenidos de equilibrio químico.
4. PowerPoint	Explicativo	Explicación de contenidos de cinética química
5. Educaplay	Interactivo	Retroalimentación de conceptos de ambos temas
6. Educaplus	Explicativa	Simulación de equilibrio químico
7. Quizizz	Explicativo-interactivo	Conceptos de cinética química
8. Videos personalizados	Explicativo	Instrucciones de uso de simuladores virtuales
9. Classroom	Interactivo	Aula virtual, para colocar contenidos.
10. Analogías en aula de clases	Interactivo- explicativo	Función del equilibrio químico.

Estas herramientas fueron aplicadas en el tercer trimestre del año 2022 y la población de objeto de estudio estuvo conformada por dos (2) grupos: Grupo A, (con 25 estudiantes) y grupo B, (con 20 estudiantes). Las edades de estos estudiantes oscilaban entre 17 y 19 años.

Recolección de la información

Se planificaron dos etapas para la recolección de la información: antes de aplicar las simulaciones, a través de un pretest y, luego de su aplicación, a través de un post-Test. Tanto el pretest como el post-test se aplicaron de forma presencial (en papel), con la finalidad de agilizar la recolección de los datos.

Pretest: consistió en preguntas cerradas previo al uso de simuladores. Estuvo conformado por 3 grupos de preguntas:

- Ítems para conocer si habían utilizado herramientas tecnológicas en los cursos de química.
- Ítems acerca de los conocimientos previos que posee de la cinética de una reacción.
- Ítems acerca de los conocimientos previos sobre el tema de equilibrio químico.

Post-Test: los ítems aplicados en el **Post-Test** fueron los mismos que se utilizaron en el pretest, pero colocados al final de la aplicación de la UDT para evaluar la comprensión de los temas abordados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se estudió y se evaluó la percepción hacia las herramientas tecnológicas utilizadas y el rendimiento de los estudiantes en el aprendizaje de la química, específicamente para los temas de cinética de una reacción y equilibrio químico. Se realizaron análisis comparativos de pretest y post-test para evaluar el impacto de las herramientas tecnológicas y la funcionalidad de la UDT diseñada para los temas desarrollados.

Pretest -Post-Test sobre percepción de herramientas tecnológicas para el aprendizaje de la química.

En la tabla N°2 se observan los resultados del pretest y post-test sobre la percepción de la población de estudio acerca del uso de juegos didácticos como complementos de aprendizaje, en donde se evidenció que la aplicación de la UDT impactó de forma significativa la forma de aprender de los estudiantes. Al comparar las respuestas de los Pretest y Post-Test, fue evidente que antes de la UDT, la mayoría de los estudiantes de ambos grupos no usaban ningún juego didáctico en sus clases de química (86.4% en el Grupo A y 85.0% en el Grupo B).

En cuanto al uso de simuladores de aprendizaje, en la tabla N°3 se observa que, la mayoría de los estudiantes desconocían sobre simuladores para el aprendizaje de la química (71.4% en el Grupo A y 85.7% en el Grupo B). Después de la implementación de la UDT, esta cifra se redujo a cero, indicando una adopción completa de estas herramientas tecnológicas. Estos comparativos nos permiten visualizar el conocimiento previo de la población de estudio sobre algunas herramientas tecnológicas en la enseñanza de la química y de esta forma, evaluar sus expectativas respecto a este tipo de herramientas.

Tabla 2

Percepción sobre uso de juegos didácticos en el aprendizaje de la química

Respuestas	Pretest		Post-test	
	% del Total Grupo A	% del Total Grupo A	% del Total Grupo B	% del Total Grupo B
Educaplay	4.5%	47.6%	5.0%	47.2%
Quizizz	4.5%	4.5.0%	5.0%	52.8%
Educaplus	4.5%	47.6%	5.0%	0.0%
Ninguno	86.4.0%	0%	85.0%	0.0%

Con la aplicación de la UDT, el simulador LaboVirtual mostró el mayor aumento en popularidad, incrementándose del 19.0% al 48.7% con su uso en el Grupo A, mientras que el simulador ChemLab también experimentó un crecimiento significativo, del 4.8% al 45.9% en el Grupo B (Tabla N°3). En contraste, el simulador PhET tuvo un comportamiento mixto, en ambos grupos, lo que se atribuye a que este simulador no tiene tantos recursos visuales para los temas desarrollados dentro de esta investigación. Con la adopción de estas herramientas dentro de la UDT diseñada, se evidenció una mayor disposición y aceptación de las tecnologías educativas para el aprendizaje de la química, indicando que la UDT fue efectiva en promover el uso de simuladores de laboratorio, especialmente LaboVirtual y ChemLab, entre los estudiantes lo que puede contribuir a mejorar la comprensión y el rendimiento en esta disciplina.

Tabla 3

Simulador de laboratorio de Química en el aprendizaje de la química conocido

Respuestas	Pretest		Post-test	
	% del Total Grupo A	% del Total Grupo A	% del Total Grupo B	% del Total Grupo B
PhET	4.8%	2.4%	4.8%	5.5%
LaboVirtual	19.0%	48.7%	4.8%	48.6%
ChemLab	4.8%	48.7%	4.8%	45.9%
Ninguno	71.4.0%	0%	85.7%	0%

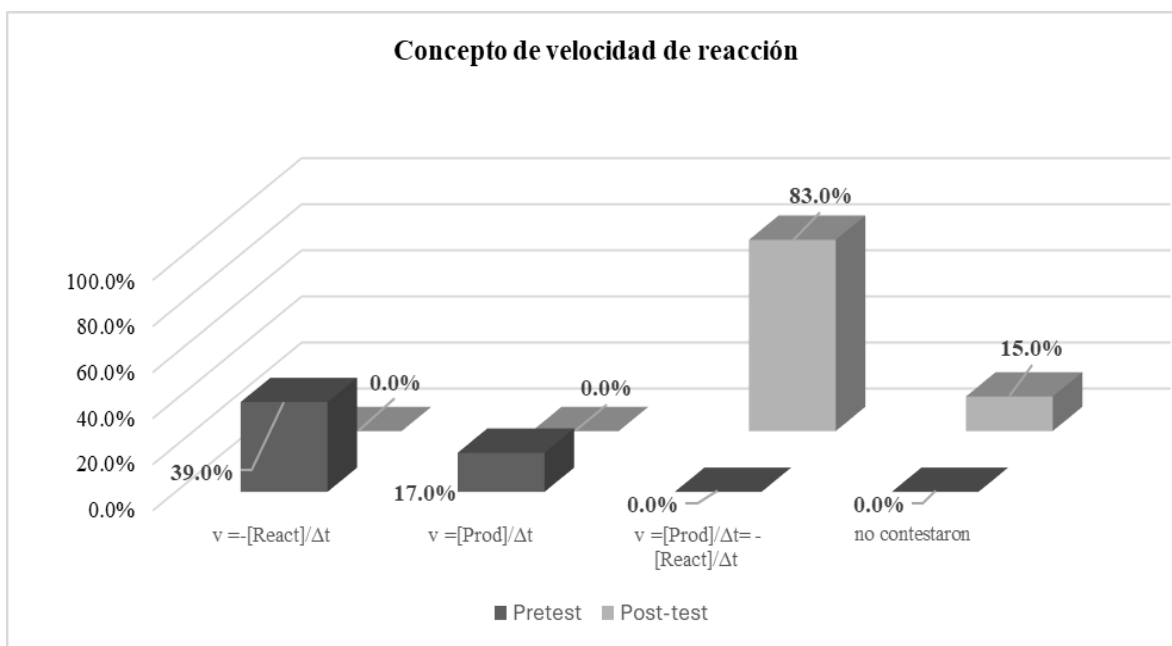
Es importante mencionar que, al inicio de esta investigación, los estudiantes mostraban poco interés y evitaban utilizar cualquier herramienta virtual, reflejando una cierta resistencia a adoptar estas tecnologías. Esta resistencia posiblemente fue ocasionada por el temor de volver a clases completamente virtuales.

Pretest -Post-Test de conocimientos. Tema: Velocidad de una reacción (con el Simulador virtual de ChemLab de Model Science)

Con respecto al grado de conocimiento sobre velocidad de reacción, el cual había sido introducido previamente mediante explicaciones orales con diapositivas y analogías en el aula, en el pretest se observó que un 56.0% de la población de estudio optó por los conceptos relacionados a la reacción directa o a la reacción inversa (formación de productos a lo largo del tiempo o, desaparición de reactivos a lo largo del tiempo), a pesar de no haber visualizado los conceptos en un simulador. Ninguno de los participantes eligió la respuesta integradora sobre el sentido de la reacción, posiblemente debido a su limitado manejo de aspectos lógicos-matemáticos. Al comparar las respuestas del pretest y post-test para este concepto, se pudo observar que en el post-test el 83% de los encuestados optó por la respuesta integradora, evidenciando mejor integración de conceptos matemáticos después de la aplicación de la UDT. (Ver Fig. 1)

Figura 1

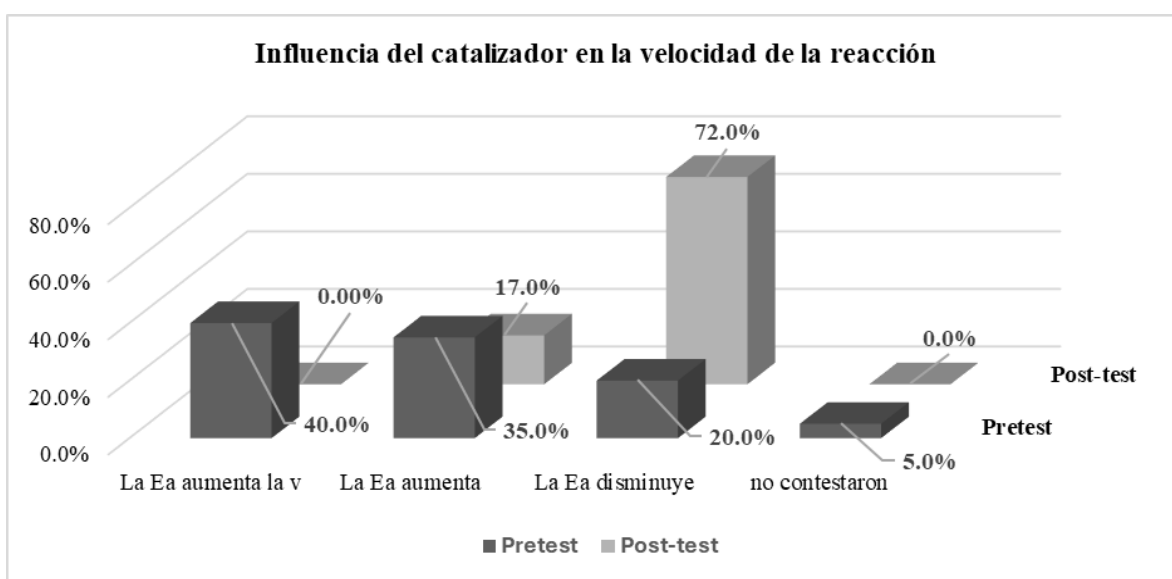
Comparación de pretest y post-test para el concepto de velocidad de reacción (Grupo A)



Con respecto a la pregunta que relaciona energía y velocidad de reacción (Fig. 2), en el pretest se observa que la asimilación de conceptos no fue clara ya que se obtuvo un alto porcentaje de respuestas erróneas. Lo que denota que para relacionar el concepto de energía es necesario utilizar un recurso adicional (herramienta tecnológica), ya que con la explicación tradicional el concepto fue difícil de comprender. Sin embargo, después de la aplicación de la UDT y la visualización de conceptos con el simulador ChemLab, se obtuvo un 72% de respuestas correctas, lo que permitió incrementar el dominio de los conceptos involucrados de forma significativa.

Figura 2

Comparación de pretest y post-test para “Influencia del catalizador en la velocidad de la reacción” (Grupo A)



Estos resultados permitieron observar las ideas previas de los estudiantes con la explicación tradicional, donde se percibieron errores conceptuales que, con la ayuda de diversas herramientas tecnológicas, simulaciones, juegos en clases, en línea y, también analogías en el aula, se logró recrear de una forma sencilla y dinámica, conceptos abstractos, lo cual permitió mejorar, integrar y fortalecer aspectos conceptuales del tema. Estos resultados son consistentes con otras investigaciones en donde se han utilizado simuladores para facilitar el aprendizaje de este tema (López M., et. al., 2018).

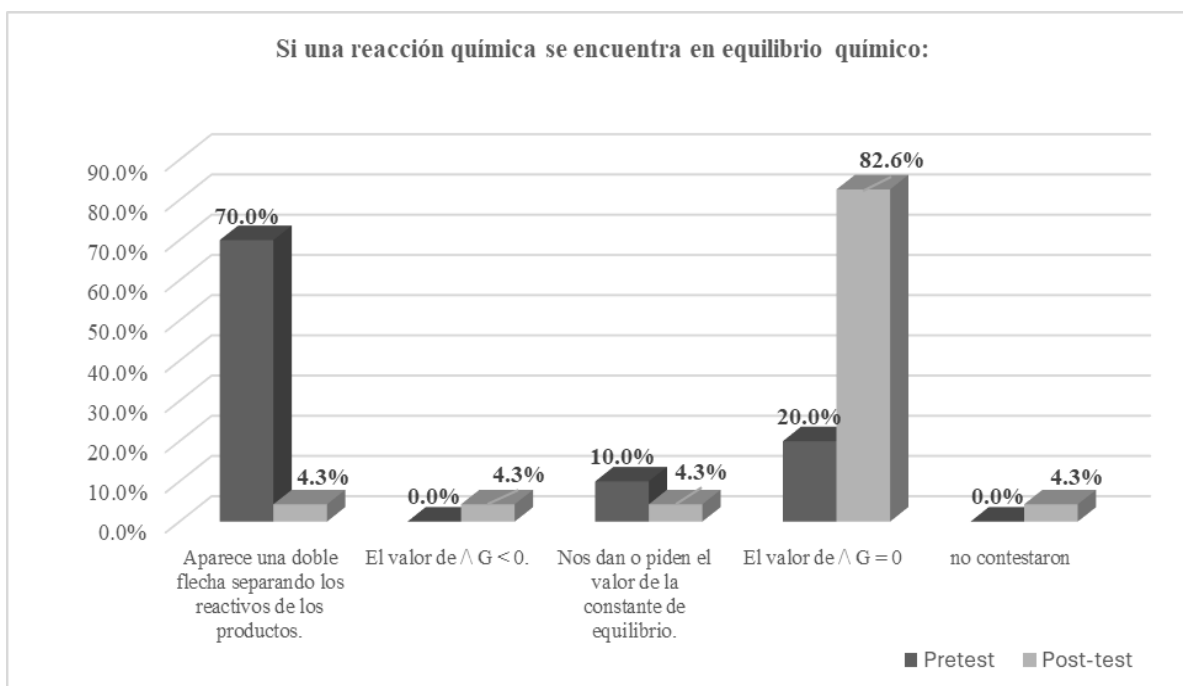
En la figura 3 se observa el comparativo de los pretest y post test para evaluar el grado de conocimiento sobre equilibrio químico, tema que al igual que *velocidad de una reacción*,

había sido introducido previamente mediante explicaciones orales con diapositivas. En comparación con el pretest, se puede observar que después de la aplicación de la UDT un 82.6% de los estudiantes pueden relacionar conceptos con ecuaciones de forma correcta y que las actividades diseñadas y el uso de simuladores, ayudó a mejorar la comprensión del tema de equilibrio. Los resultados fueron muy similares para otras preguntas integradoras relacionadas con reversibilidad y espontaneidad de una reacción química.

Figura 3

Comparación de pretest y post-test para el concepto de equilibrio químico de una reacción (Grupo B)

Pretest -Post-Test de conocimientos. Tema: Equilibrio Químico (con el Simulador virtual de laboratorio LaboVirtual)

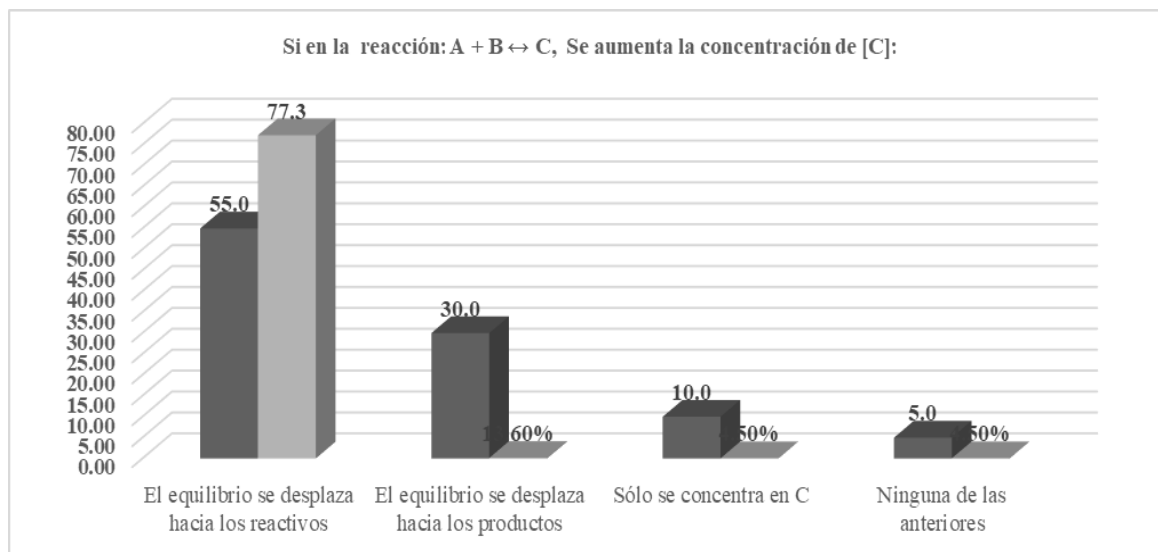


Al abordar el principio de Le'Chatelier, se observó que el 55% de los encuestados acertaron la respuesta correcta en el pretest, es decir, antes de realizar las simulaciones del tema de equilibrio químico. (Fig. 4). Esta información es relevante porque, al analizar más de cerca estos datos, se evidencia que una gran proporción de los estudiantes logró asimilar correctamente el concepto de desplazamiento del equilibrio en una reacción al provocar perturbaciones en el sistema, utilizando la explicación tradicional del tema. Lo anterior,

refuta algunas teorías donde se expone que este tema es difícil de entender para los estudiantes (Quílez J., 2022; Rocha A., et. al., 2000).

Figura 4

Comparación de pretest y post-test para el concepto de desplazamiento del equilibrio químico de una reacción (Grupo B)



Igual consideración se puede indicar, al observar las respuestas del post-test en donde se observa que la aplicación de la UDT mejora y refuerza el conocimiento al aumentar el número de respuestas correctas después de realizadas las actividades prácticas del simulador de equilibrio químico. Esta mejora significativa en el rendimiento es consistente con otras investigaciones en donde se resalta una mejora en el aprendizaje obtenido por parte de los estudiantes de las áreas de Química (Alulima Alulima, et. al, 2021; Arroba Arroba, et. al, 2021; Barraqué, et. al, 2021; Chacha Cajilema, et. al, 2022).

Efectividad de la UDT (actividad de retroalimentación)

Con la finalidad de obtener retroalimentación directa de los estudiantes sobre su experiencia con la UDT y el impacto en su aprendizaje, se realizó una encuesta de satisfacción (como secuencia de aprendizaje) para conocer la percepción general de los estudiantes con la implementación de la UDT y evaluar posibles mejoras a la estrategia utilizada. En esta encuesta se observó que la percepción de la efectividad del aprendizaje en ambos grupos mejoró, ya que en el pretest demostraron apatía hacia las aulas virtuales, mientras que en el post-test esa percepción inicial mejoró después de trabajar con la UDT. (Ver Tabla 4)

Tabla 4*Efectividad del aprendizaje en las aulas virtuales*

Respuestas	Pretest		Post-test	
	% del Total Grupo A	% del Total Grupo B	% del Total Grupo A	% del Total Grupo B
Bastante efectivo	30.0%	5.0%	38.0%	32.0%
Muy efectivo	20.0%	25.0%	16.0%	14.0%
Ligeramente efectivo	45.0%	50.0%	45%	0.0%
Poco efectivo	5.0%	20.0%	1%	0.0%

En términos generales y de manera consistente, el uso de ambos simuladores, influyeron de forma positiva en los estudiantes, en el sentido que les permitió tomar control sobre aspectos demostrativos de sus contenidos teóricos trabajando en el aula y desde casa, pudieron verificar su aprendizaje de forma repetitiva, sin la presencia del docente, de otros compañeros, y sobre todo minimizando riesgos por exposición a sustancias químicas.

Por otro lado, como parte del proyecto se puso a disposición el simulador ChemLab, para los estudiantes, así como las facilidades de uso de computadoras, no obstante, se hace necesario que el estado invierta en este tipo de tecnología, ya que la falta de este tipo de herramientas constituye una limitación que se advierte en otros estudios (Chacón-Ramirez, et. al, 2016).

Otro aspecto por destacar es que, los docentes de química del Instituto Carmen Conte Lombardo se integraron al proyecto de implementación de los simuladores, por lo cual la barrera de la falta de capacitación docente no constituyó una limitante, como se ha evidenciado en otras investigaciones (Arguedas-Matarrita, et. al, 2017).

CONCLUSIONES

En esta investigación se evalúa la influencia del uso de los simuladores en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en particular de ChemLab para abordar el tema de cinética química, y de LaboVirtual para el tema de equilibrio químico. A través del desarrollo de una UDT, se aplicó un diseño experimental que incluye la realización de pretest y post-test, con preguntas relacionadas con los temas abordados por ambos simuladores.

Los resultados indican mejoras significativas en el rendimiento de los estudiantes al comparar los post-test y los pretest, evidenciando un claro avance en la comprensión de los conceptos abordados.

Ambos simuladores, (ChemLab y LaboVirtual) proporcionan entornos interactivos que facilitan el aprendizaje práctico, permitiendo a los estudiantes experimentar y explorar de manera segura y efectiva, sin restricciones de tiempo o recursos a través de simulaciones accesibles y visualmente atractivas, ayudando a consolidar el conocimiento teórico de una manera interactiva. Estos hallazgos coinciden con los estudios de Torres Nieves F., 2018 y Alulima Alulima et al., 2021, quienes también han implementado estrategias de enseñanza para el aprendizaje de la química utilizando simuladores.

El uso de simuladores dentro de las actividades de aprendizaje para los temas planificados en el Instituto Carmen Conte Lombardo confirma una estrategia pedagógica efectiva. Estas herramientas no solo complementan la enseñanza tradicional, sino que también potencian la comprensión y retención de conocimientos, mejorando significativamente el rendimiento académico de los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencias y Tecnología, por su aporte invaluable y el auspicio de la presente investigación, a través del proyecto PFIA-IACP-2022-12.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alulima Alulima, L. D. & Mena Alvarado, E. V., 2021. Chemlab y Modellus como herramientas de simulación de laboratorio virtual en Química y Física. Tesis de Maestría. Universidad Tecnológica Indoamérica. Disponible en: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2847> [Accedido el 21 de junio de 2024].

Arguedas-Matarrita, C., Concari, S. B. & Marchisio, S. T., 2017. Una revisión sobre desarrollo y uso de Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Física en Latinoamérica. Conference Paper. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/317209671> [Accedido el 21 de junio de 2024].

Arroba Arroba, M. F. & Acurio, S., 2021. Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química orgánica, para el bachillerato ecuatoriano. Revista Científica UISRAEL, 8(3). Disponible en: <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.456> [Accedido el 21 de junio de 2024].

- Barraqué, F., Sampaolesi, S., Briand, L. E. & Vetere, V., 2021. La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: el estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Educación Química*, 32(1). Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760> [Accedido el 23 de junio de 2024].
- Blanco López, A., 2018. El aprendizaje de la Química. Aspectos importantes a la luz de la investigación didáctica. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/322686282> [Accedido el 23 de junio de 2024].
- Chacha Cajilema, Á. V., 2022. Virtual ChemLab como recurso didáctico para el aprendizaje de Química Analítica con estudiantes de cuarto semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología, periodo octubre 2021 - marzo 2022. Trabajo de titulación para optar al título de Licenciado en Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnologías.
- Chacón-Ramírez, N., Saborío-García, F. & Nova-Bustos, N., 2016. El uso de recursos didácticos de la química para estudiantes en los colegios académicos diurnos de los circuitos 09 y 11, San José, Costa Rica. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal)*, 20(3), pp. 1-24. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/ree.20-3.2> [Accedido el 23 de junio de 2024].
- Chonillo-Sislema, L., 2022. El laboratorio virtual “Crocodile Chemistry” como estrategia didáctica para el aprendizaje de Química. [Documento de conferencia]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/366247908> [Accedido el 23 de junio de 2024].
- Hernández-Onofre, R., Venegas-López, M. de los Á. & Rayas Monjaraz, N. V., 2018. Estudio sobre el uso de laboratorio virtual de química en alumnos de Mecatrónica de nivel superior. *Revista de Políticas Universitarias*, 2(3), pp. 12-17. Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (INEC), 2021. Disponible en: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P02895625202301201022548.pdf> [Accedido el 23 de junio de 2024].
- López Guerrero María del Mar, López Guerrero Gema, Rojano Ramos Santiago. (2018). Uso de un simulador para facilitar el aprendizaje de las, Reacciones de Óxido-Reducción. Estudio de caso, Universidad de Málaga. *Revista de Educación en Química*, 29(3), pp. 79-98. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2018.3.63728

- Medina Valderrama, C. J., Medina Valderrama, A. I. *Hacedor*, 2022. Estrategias metodológicas para la enseñanza de la química en el nivel universitario. *Hacedor*, 6(1), Enero-Junio. ISSN: 2520-0747.
- Murillo Pulgarín, J.A., Alañón Molina, A., García Bermejo, L.F., Martín Alfonso, F., Sánchez González, P., León Belén, F.P. (2018). El higrómetro coloreado (principio de Le Châtelier). *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, pp.273-277. Disponible en: https://www.quimicaysociedad.org/wp-content/uploads/2018/04/didactica_de_la_fisica_y_la_quimica_en_los_distintos_niveles_educativos_2.pdf
- Quílez Juan. (2022). Aproximación histórica al principio de Le'Chatelier: aceptación, cuestionamiento, problemas de enseñanza y dificultades de aprendizaje. Implicaciones didácticas. *Revista de la Real Sociedad Española de Química. An. Quím.*, 118 (3), 2022, 185-191. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8884037.pdf>
- Rocha A., García, E., & Domínguez, J. (2000). Dificultades en el aprendizaje del equilibrio químico. *Revista Adaxe*, 16, pp. 163-178. Disponible en: https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/645/1/pg_163-178_adaxe16.pdf
- Torres Nieves, F., 2018. Simulador virtual Model Chemlab como estrategia para la enseñanza de la química inorgánica. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio Institucional de la CUAED. Disponible en: <https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/5262> [Accedido el 23 de junio de 2024].