

# Uso de simuladores en la enseñanza de química a nivel superior

Edith González Lazo<sup>1</sup>  
María Esther Jiménez Pirrón<sup>2</sup>  
Benito Bernardo Dzib Castillo<sup>3</sup>

**Recepción: 2 de agosto de 2022**  
**Aprobado: 27 de febrero de 2023**

## Resumen

El uso de simuladores en la impartición de la asignatura de Química se ha vuelto una necesidad, considerando los cambios que se han dado en la educación debido al problema causado por la pandemia del COVID-19. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue conocer la preferencia de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales respecto al uso de simuladores de química para realizar sus prácticas. La investigación se realizó en el Tecnológico Nacional de México, Campus Escárcega, Campeche, México. Se utilizó como herramienta de medición un cuestionario de campo, compuesto por 18 preguntas medidas en escalas de ítems. El universo de estudio estuvo compuesto por 30 estudiantes, de los cuales 14 estudiantes fueron entrevistados en el año 2012 y 16 estudiantes en el año 2021 que habían cursado la asignatura de Química, en donde las prácticas se realizaron tanto en laboratorio como en simulador. Los datos se analizaron mediante un ANOVA y un análisis multivariado de conglomerados. Los resultados mostraron que los estudiantes estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo en el uso de simuladores para realizar las prácticas de química, de lo cual se concluye que el uso de estos simuladores en la impartición de la asignatura de química sí es aceptado por los alumnos de la carrera de Sistemas Computacionales.

**Palabras clave:** *Química, método, enseñanza, simuladores.*

---

1 Docente. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Correo: [edithgl\\_02@hotmail.com](mailto:edithgl_02@hotmail.com). ORCID: 0000-0002-8138-2076.

2 Docente. Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Campeche. Correo: [esther\\_2857@hotmail.com](mailto:esther_2857@hotmail.com). ORCID: 0000-0002-6653-2590.

3 Docente. Tecnológico Nacional de México, campus Chiná. Correo: [bernadzib@yahoo.es](mailto:bernadzib@yahoo.es). ORCID: 0000-0003-0965-330X.

## Abstract

*The use of simulators in the teaching of Chemistry has become a necessity, considering the changes that have occurred in education due to the problem caused by the COVID-19 pandemic. Therefore, the objective of this research was to know the preference of students in the Computer Systems Engineering program regarding the use of chemistry simulators to carry out their practices. The research was carried out at the Tecnológico Nacional de México, Campus Escárcega, Campeche, Mexico. A field questionnaire was used as a measurement tool, consisting of 18 questions measured on item scales. The scope of the study was composed of 30 students who had taken the Chemistry course, 14 students were interviewed in 2012 and 16 students in 2021. They had carried out experiments both in the laboratory and in the simulator. The data were analyzed using ANOVA and a multivariate cluster analysis. The results showed that students agreed and strongly agreed on the use of simulators to carry out chemistry experiments. It is concluded that the use of these simulators in the teaching of Chemistry is accepted by students in the Computer Systems Engineering program.*

**Keywords:** *Chemistry, method, teaching, simulators.*

# Introducción

La educación a distancia, con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la modernización de las universidades, se ha convertido en una realidad inminente que transforma el paradigma tradicional de la educación. Esta forma de educación a distancia se convierte en una innovación educativa que proporciona alternativas pedagógicas no utilizadas con anterioridad, principalmente por no estar disponibles para ser implementadas en una metodología que permita el aprendizaje a distancia, utilizando una amplia gama de herramientas tecnológicas y medios de comunicación (Hernández-Gálvez, López-Arbolay & Fernández-Oliva, 2021).

La pandemia de COVID-19 ha impuesto a los procesos educativos un pensamiento de cambio y transformación a las formas de enseñanza y aprendizaje tradicionales, al cual debe sumarse y engranarse un nuevo escenario virtual con el uso óptimo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, a través de actividades online así como de plataformas interactivas (Hernández et al., 2021).

En este contexto, el uso de las tecnologías emergentes de información y comunicación se ha convertido en un aspecto central para el abordaje de problemáticas o necesidades del campo educativo (Tuárez-Párraga & Loo-Colamarco, 2021). Los estudiantes universitarios actuales forman parte de una generación que se crió en un entorno rico digitalmente y absorbió en un mundo impregnado de varios tipos de información y tecnologías de la comunicación (TIC). Sin embargo, el uso real que esta generación, tecnológicamente revolucionada, les da a las tecnologías con fines académicos, causan debate continuamente (Rashid & Muhammad, 2016). Estas generaciones se denominan de diversas maneras: la Generación Neta (Tapscott, 1998), Aprendices Digitales (Brown, 2000), Nativos Digitales (Prensky, 2001), Aprendices de la era digital (Rapetti y Cantoni, 2010), entre otros que se debaten continuamente.

La introducción de simulaciones en la enseñanza no es novedosa, sin embargo, la reflexión acerca de sus usos y consecuencias no es una

práctica muy difundida en las aulas universitarias. En los sistemas interactivos representados a través de modelos que simulan, por ejemplo, el comportamiento de un animal, nos encontramos, por un lado, frente a la extrema naturalización de la relación con ellos, determinada por el hecho de que se desarrollan interfaces cuyo objetivo es hacer que el usuario no deba realizar operaciones mentales de tipo complejo para traducir y especificar sus intenciones en un lenguaje mediado por la tecnología. La naturalidad de las interfaces puede interpretarse como el avance hacia una hipotética compatibilidad entre el usuario y el sistema que implique un saber hacer no aprendido pero conocido por el individuo (Lion, 2006).

Estudios realizados en España acerca de las ventajas de las TIC en el aula, mencionan la implementación de los materiales didácticos de las tecnologías en la educación actual. Al utilizar los profesores estas tecnologías, los jóvenes manifiestan motivación, interés, interactividad, cooperación, iniciativa, creatividad, comunicación, autonomía y retroalimentación por las asignaturas (Martínez-Izquierdo y Calao-Sánchez, 2012).

Sin embargo, a pesar de la existencia de dificultades que se pueden minimizar, algunas de estas no se pueden eliminar totalmente como la no existencia de interacción personal con los profesores, ya que estos no conocen personalmente a los estudiantes. Las actividades y la forma de aprender no son tan variadas, se utilizan herramientas menos interactivas y es complicado el desarrollo de habilidades prácticas de laboratorio. Se requiere un fuerte compromiso por parte del estudiante para superar con éxito el curso e incrementar la motivación por el aprendizaje de la materia. Un aspecto importante es evitar la sobrecarga evaluativa y lograr una efectiva retroalimentación de las evaluaciones realizadas (Suárez-Navarro, Lemos-García & De Armas-Urquiza, 2021).

El empleo de simuladores comerciales en la enseñanza de Ingeniería Química es relativamente reciente. Estos programas no sólo permiten que el estudiante conozca las herramientas usadas por los profesionistas dedicados al diseño y optimización de instalaciones químico-industriales, como refinerías de petróleo o plantas petroquímicas; también se ha constatado que la simulación por ordenador es un instrumento que favorece el proceso de aprendizaje del alumno en el aula (Gil y Paiva, 2006).

Según Fernández (2002), el empleo de simuladores comerciales, como Hysys y Aspen, se ha llevado a cabo fundamentalmente en cursos avanzados de diseño industrial, obviando su aplicación en asignaturas de introducción a las Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. El efecto de la tecnología con respecto al rendimiento académico de los estudiantes está marcado de manera persistente en la creciente literatura de las últimas dos décadas, aunque demostrando resultados inconsistentes que van desde positivos y negativos, hasta efectos y relaciones nulas.

Ayudando los resultados positivos, Fonseca, Martí, Redondo & Sanchez (2014) indican que, a través del uso de la tecnología, los estudiantes pudieron lograr un mayor nivel de compromiso directo con el contenido propuesto, lo que a su vez mejoró el logro general. Indicaron que la tecnología estaba altamente correlacionada con la motivación de los estudiantes y también encontró una correlación significativa entre el uso de la tecnología y un logro académico.

Por todo lo antes mencionado, el objetivo del presente trabajo fue conocer la preferencia de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales respecto al uso de simuladores de química para realizar sus prácticas.

## Metodología

El estudio se realizó en el Tecnológico Nacional de México, campus Escárcega. En esta institución se imparte las carreras de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Licenciatura en Administración, Licenciatura en Gastronomía y Licenciatura en Turismo.

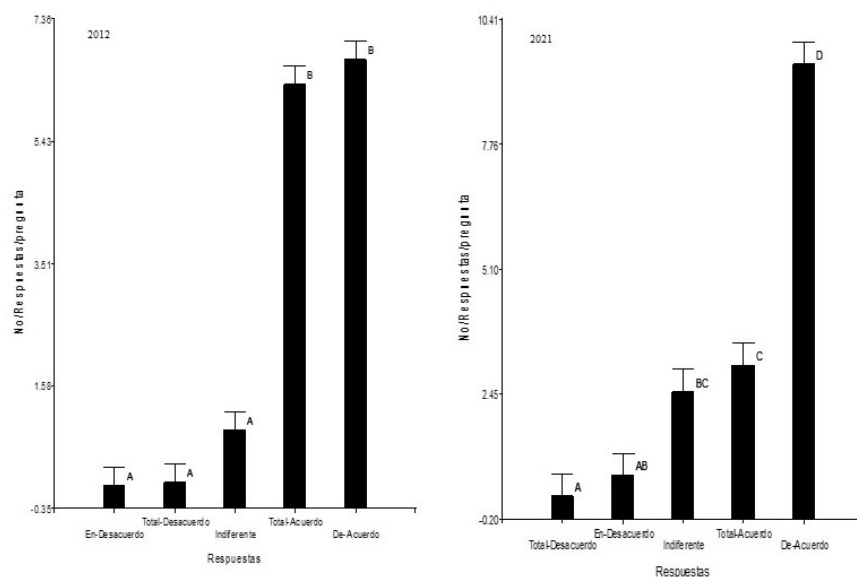
El proyecto de investigación se considera de carácter descriptivo y comparativo. Para esto se seleccionaron a los alumnos de la carrera de Sistemas Computacionales, utilizando como herramienta de medición un cuestionario de campo, compuesto por 18 preguntas medidas en escalas de ítems propuestos por García, Aguilera & Castillo (2011) (Tabla 1). Las opciones de respuesta fueron: Totalmente de acuerdo (valor 5), De acuerdo

(valor 4), Me es indiferente (valor 3), En desacuerdo (valor 2), Totalmente en desacuerdo (valor 1). El universo de estudio estuvo compuesto por 30 estudiantes, de los cuales 14 estudiantes fueron entrevistados en el año 2012 y 16 estudiantes en el año 2021. Estos fueron seleccionados tomando como referencia el haber cursado la asignatura de Química, en donde las prácticas se realizaron tanto en laboratorio como en simuladores (Phet-simulaciones, 2012 y 2021); (ChemLab versión 2.6.2 [gratuita], 2012 y 2021).

**Tabla 1. Cuestionario aplicado a estudiantes de la carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales para identificar sus preferencias respecto al uso de software en la realización de prácticas de la asignatura de Química.**

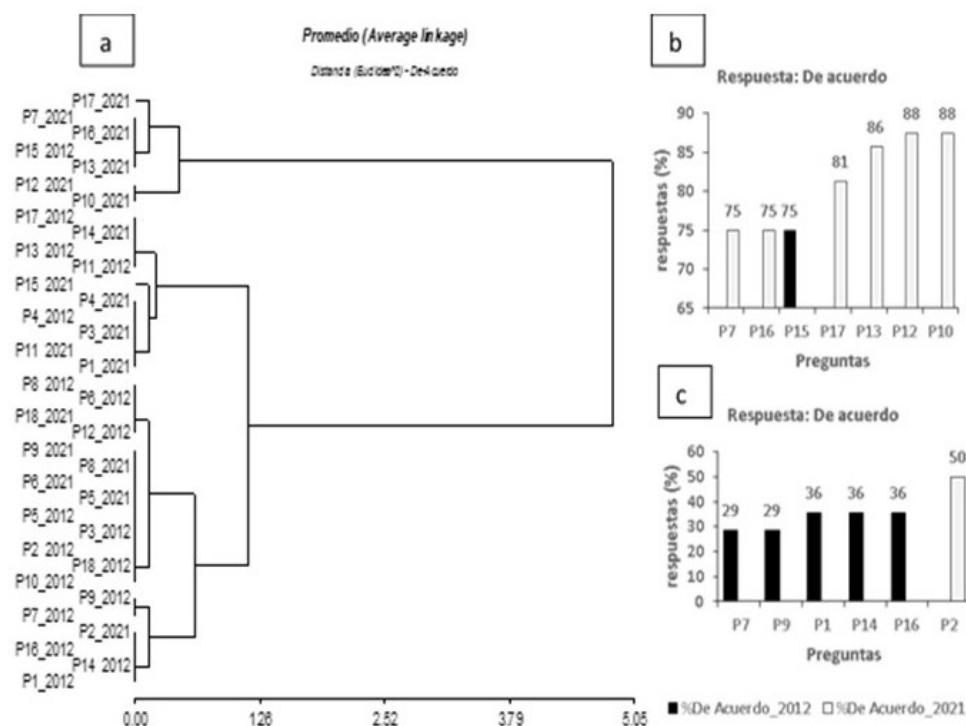
No. de pregunta	Pregunta
P1	¿Te gustaría conocer los programas de simuladores?
P2	¿Estaría de acuerdo que durante el periodo escolar en tus asignaturas se utilicen los simuladores?
P3	¿La simulación de las prácticas de laboratorio ha ayudado al análisis e interpretación de los resultados experimentales obtenidos?
P4	¿Considera que la simulación de las prácticas ha sido útil para el desarrollo de la asignatura de química?
P5	¿Te interesaría utilizar un laboratorio virtual de química?
P6	¿Te gustaría que la institución tenga una sala específica para los simuladores o laboratorios virtuales?
P7	¿La simulación de las prácticas de laboratorio ha conducido a un mejor entendimiento de los fundamentos teóricos?
P8	¿Consideras que la asignatura de química debe de estar en el plan de estudio de la carrera?
P9	¿Estás de acuerdo que los docentes que están impartiendo clases manejan la plataforma Moodle?
P10	¿Consideras que el simulador te ayuda en el autoaprendizaje?
P11	¿El uso del simulador puede mejorar tu desempeño práctico en clases, con respecto de aquellos que no usan simuladores?
P12	¿Consideras que se utilizan las TIC en sus clases?
P13	¿El docente que utiliza material didáctico digital le ha facilitado para entender los temas desarrollados en clases?
P14	¿Prefieres que en la asignatura de química se utilice el laboratorio real que el simulador?
P15	¿El uso de simuladores puede permitir disminuir el tiempo de realización de las prácticas de química?
P16	¿De acuerdo a los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura, es posible mejorar tu aprendizaje utilizando simuladores para las prácticas de laboratorio?
P17	¿Son prácticos los conceptos básicos de simuladores de química en tu vida escolar?
P18	¿Tomarías un curso para recibir entrenamiento sobre un simulador educativo?

Se realizó un análisis de varianza para identificar cuál de las respuestas tuvo la mayor preferencia y un análisis multivariado de conglomerados para conocer las preferencias de los estudiantes en cada una de las preguntas realizadas, utilizando el software estadístico INFOSTAT versión 2020 (Di Rienzo et al. 2020).



**Figura 1.** Análisis de varianza para las respuestas obtenidas en cada año de aplicación del estudio. Letras iguales no muestran diferencias estadísticas.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre las respuestas que se obtuvieron por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales. Basado en la preferencia respecto al uso de los simuladores en la asignatura de química en los diferentes años en los que se aplicó el cuestionario. Para el caso del año 2012 las respuestas De acuerdo y Totalmente de acuerdo fueron iguales estadísticamente en cuanto a la preferencia por parte de los estudiantes, mientras que en el año 2021 la mayor preferencia estuvo en la respuesta De acuerdo, aunque es importante mencionar que en este año, se observó que entre las respuestas Indiferente y totalmente de acuerdo no existió diferencia estadística, siendo las de menor respuesta En desacuerdo y Totalmente en desacuerdo (Figura 1).



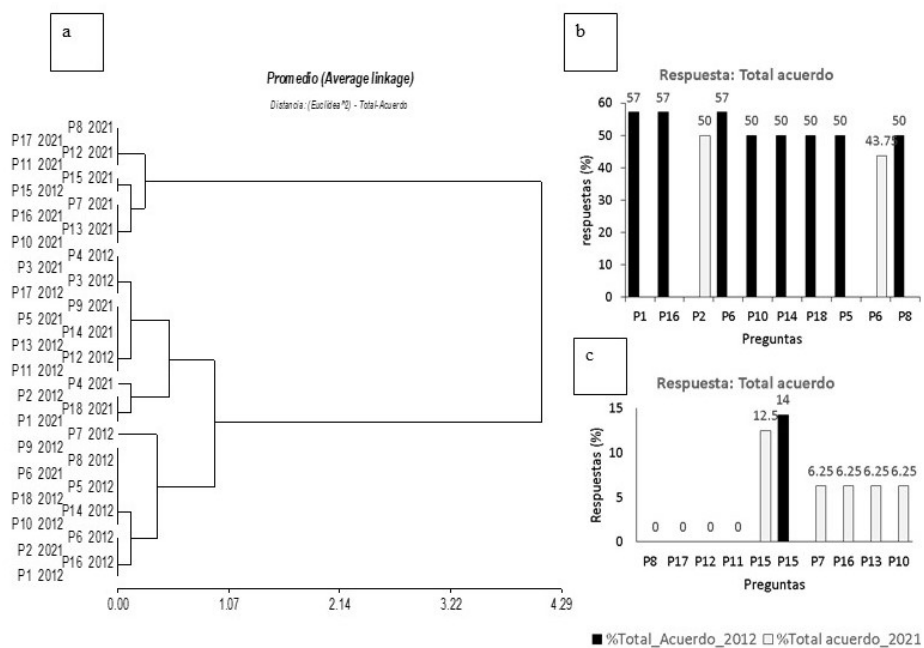
**Figura 2.** Agrupamiento y porcentaje por año para la respuesta De acuerdo en el uso de simuladores de química, en la carrera de Ingeniero en Sistemas. En a: gráfica de conglomerados donde se agrupan las preguntas de acuerdo a la cantidad de respuestas; b: preguntas con el mayor número de respuestas; c: preguntas con menos respuestas.

En la respuesta De acuerdo, las preguntas que presentaron el mayor porcentaje de respuestas se concentró en las preguntas 10 (88%), 12 (88%), 13 (86%) y 17 (81%) en el año 2021, mientras que los menores porcentajes se obtuvieron en las preguntas 7 y 9 (29 % en ambos casos) del año 2012.

Las mayores respuestas se obtuvieron en el año 2021 en las preguntas 10 ¿Consideras que el simulador te ayuda en el autoaprendizaje?, 12 ¿Consideras que se utilizan las TIC en sus clases?, 13 ¿El docente que utiliza material didáctico digital le ha facilitado para entender los temas desarrollados en clases?, y 17 ¿Son prácticos los conceptos básicos de simuladores de química en tu vida escolar? Mientras que las menores respuestas se obtuvieron en el año 2012 en las preguntas 7 ¿La simulación de las prácticas de laboratorio ha conducido a un mejor entendimiento de los fundamentos teóricos? y 9



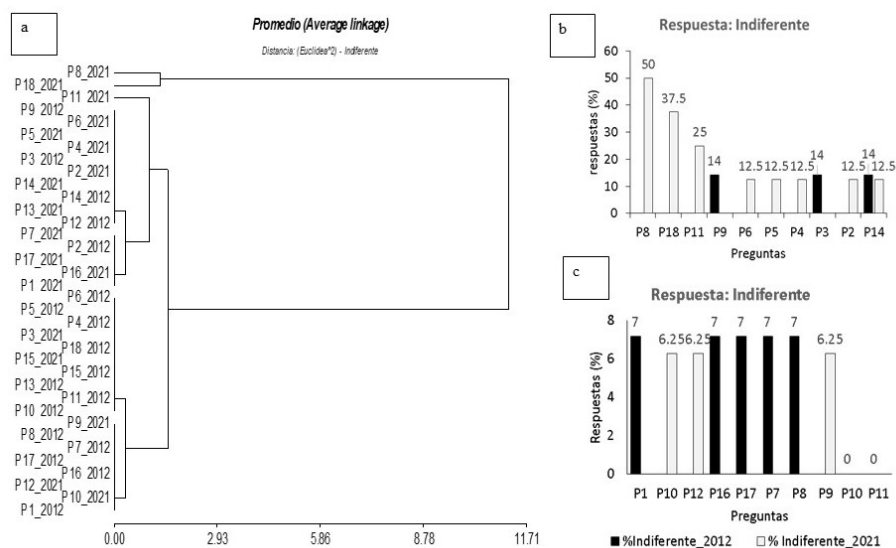
¿Estás de acuerdo que los docentes que están impartiendo clases manejan la plataforma Moodle? (Figura 2).



**Figura 3.** Resultados a la opción Totalmente de acuerdo a las preguntas realizadas a estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales respecto al uso de simuladores en la asignatura de Química en los años 2012 y 2021. En a: gráfica de conglomerados donde se agrupan las preguntas de acuerdo a la cantidad de respuestas; b: preguntas con el mayor número de respuestas; c: preguntas con menos respuestas.

En la respuesta “totalmente de acuerdo”, los resultados mostraron los mayores resultados en las preguntas 1 (57%), 16 (57%) y 6 (57%) para el año 2012, mientras que los menores resultados se dieron en las preguntas 7, 16, 13, 10 (6.25%) y la pregunta 15 (12.5% [2021] y 14% [2012]) en los dos años de medición. La pregunta P1 ¿Te gustaría conocer los programas de simuladores?, P6 ¿Te gustaría que la institución tenga una sala específica para los programas de simuladores? y P16 ¿De acuerdo a los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura, es posible mejorar tu aprendizaje utilizando simuladores para las prácticas de laboratorio? Fueron en las que la mayoría respondió estar totalmente de acuerdo en el año 2012. Mientras que las preguntas P8 ¿Consideras que la asignatura de Química debe de

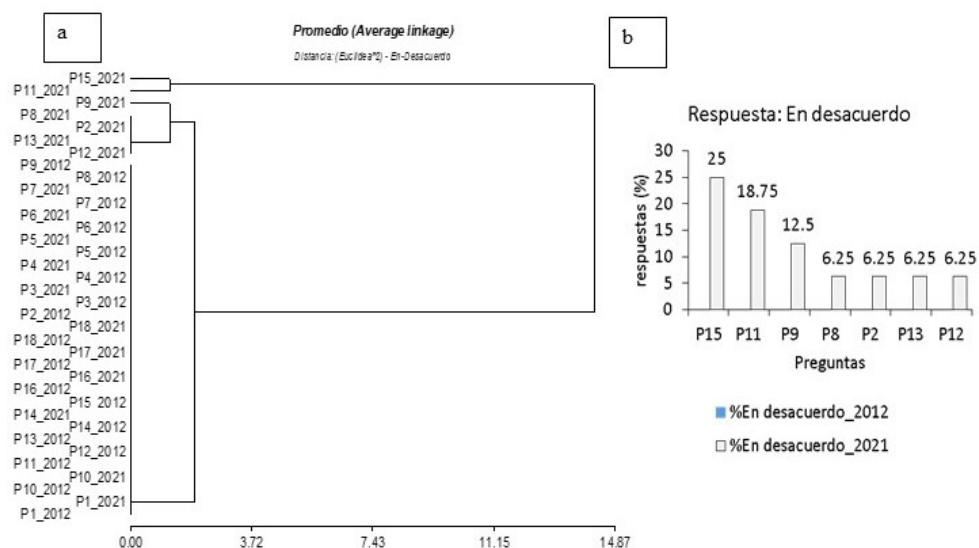
estar en el plan de estudio de la carrera?, P11 ¿El uso del simulador puede mejorar tu desempeño práctico en clases, con respecto de aquellos que no usan simuladores?, P12 ¿Consideras que se utilizan las TIC en sus clases? y P17 ¿Son prácticos los conceptos básicos de simuladores de química en tu vida escolar? no recibieron ni una respuesta (Figura 3).



**Figura 4.** Resultados a la opción Indiferente a preguntas realizadas a estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales respecto al uso de simuladores en la asignatura de Química en los años 2012 y 2021. En a: gráfica de conglomerados donde se agrupan las preguntas de acuerdo a la cantidad de respuestas; b: preguntas con el mayor número de respuestas; c: preguntas con menos respuestas.

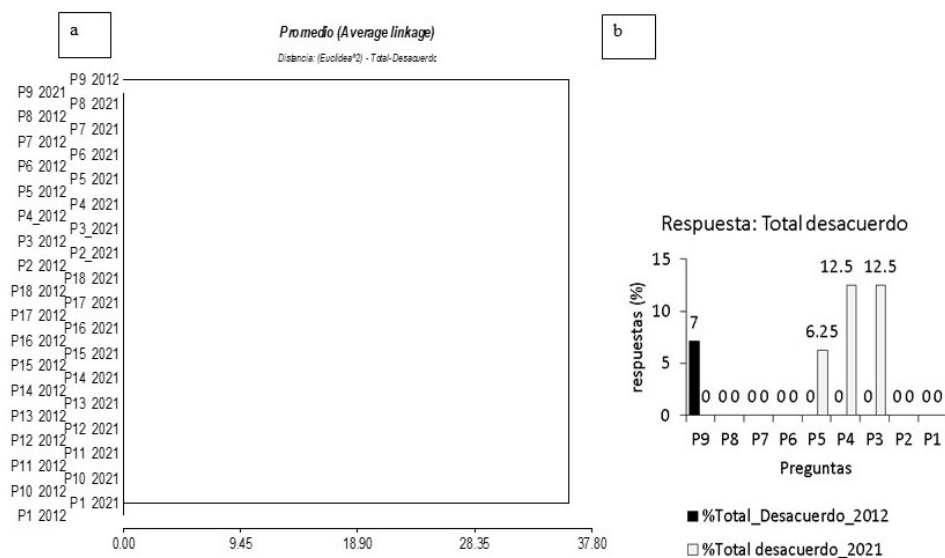
La opción señalada como Indiferente que se presentó en las respuestas a las preguntas realizadas, las tres opciones con mayor incidencia se observaron en las preguntas 8, 18 y 11 del año 2021. En este caso la de mayor indiferencia fue la pregunta 8 ¿Consideras que la asignatura de química debe de estar en el plan de estudio de la carrera?, seguido de la pregunta 18 ¿Tomarías un curso para recibir entrenamiento sobre un simulador educativo?, y en tercer lugar la pregunta 11 ¿El uso del simulador puede mejorar tu desempeño práctico en clases, con respecto de aquellos que no usan simuladores?, lo cual puede deberse a que no tenían claridad en la importancia de la asignatura o en su caso no les pareció importante estas opciones para su formación, tomando en cuenta que son alumnos de la carrera de Sistemas Computacionales. En el caso del año 2012 fue donde se presentaron las menores respuestas a

esta opción, por ejemplo la pregunta 7 donde se consulta ¿La simulación de las prácticas de laboratorio han conducido a un mejor entendimiento de los fundamentos teóricos?, fue una de las de mayor indiferencia, posiblemente porque no tenían claro si el simulador les había ayudado a comprender mejor la teoría (Figura 4).



**Figura 5.** Resultados a la opción señalada como *En desacuerdo* a las preguntas realizadas a estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales respecto al uso de simuladores en la asignatura de Química en los años 2012 y 2021. En a: gráfica de conglomerados donde se agrupan las preguntas de acuerdo a la cantidad de respuestas; b: preguntas con el mayor número de respuestas.

En cuanto a la opción *En desacuerdo*, únicamente se obtuvieron respuestas para el año 2021, ya que para el año 2012 ni un estudiante entrevistado estuvo en desacuerdo con alguna pregunta. Las preguntas en donde se presentaron las mayores respuestas se dieron en las preguntas 11 y 15. Las cuales cuestionan sobre ¿El uso del simulador puede mejorar tu desempeño práctico en clases, con respecto de aquellos que no usan simuladores? (P11) y si ¿El uso de simuladores puede permitir disminuir el tiempo de realización de las prácticas de química? (P15) (Figura 5).



**Figura 6.** Respuestas En total desacuerdo respecto al uso de simuladores en la asignatura de Química en los años 2012 y 2021 a estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales. En a: gráfica de conglomerados donde se agrupan las preguntas de acuerdo a la cantidad de respuestas; b: preguntas con el mayor número de respuestas.

En cuanto a la respuesta En total desacuerdo, los porcentajes más altos se observaron en el año 2021 en las preguntas 3 (12.5%), 4 (12.5%) y 5 (6.25%), mientras que en 2012 solamente en la pregunta 9 (7%) se observó esta respuesta. Las preguntas 3 ¿La simulación de las prácticas de laboratorio ha ayudado al análisis e interpretación de los resultados experimentales obtenidos?, 4 ¿Considera que la simulación de las prácticas ha sido útil para el desarrollo de la asignatura de química? y 5 ¿Te interesaría utilizar un laboratorio virtual de química? para el año 2012 solo una pregunta 9, ¿Estás de acuerdo que los docentes que están impartiendo clases manejan la plataforma Moodle?, obtuvo esta respuesta (Figura 6).

## Discusión

Los resultados en el año 2012 en el análisis de varianza, la mayoría de los alumnos que participaron en esta investigación contestaron estar de acuerdo y totalmente de acuerdo, mientras que en el año 2021 predominó la opción totalmente de acuerdo.

Los alumnos consideran una buena alternativa el uso de los simuladores en la enseñanza de Química, aun cuando en el año 2012 no existía la presencia del COVID que se presentó en el año 2019, motivo por el cual el sistema educativo modificó uno de los aspectos más importantes: la coincidencia de docentes y estudiantes dentro de un aula o espacio físico, con la posibilidad de interactuar mutuamente y entre pares, es decir, su carácter presencial (Aquino-Canchari & Medina-Quispe, 2020; Bedford et al., 2020; Núñez-Cortés, 2020, & Rose, 2020). Lo anterior propició que los estudiantes entrevistados el año 2021 estén de acuerdo en el uso de simuladores en la asignatura de química.

En cuanto a las preguntas que obtuvieron el mayor porcentaje de respuestas De acuerdo en el año 2021, se enfocaron en si los simuladores les ayudaban en el autoaprendizaje y si consideraban que se utilizaban las TIC en clases (88%), mientras que la de menor respuesta De acuerdo fue la pregunta 2 ¿Estaría de acuerdo que durante el periodo escolar en tus asignaturas se utilicen los simuladores? En el año 2012, la pregunta que alcanzó el mayor porcentaje de respuestas fueron las preguntas 15 ¿El uso de simuladores puede permitir disminuir el tiempo de realización de las prácticas de química? (75%), 1 ¿Te gustaría conocer los programas de simuladores? (36%), 14 ¿Prefieres que en la asignatura de química se utilice el laboratorio real que el simulador? (36%) y 16 ¿De acuerdo a los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura, es posible mejorar tu aprendizaje utilizando simuladores para las prácticas de laboratorio? (36%).

Lo anterior implica que los estudiantes están de acuerdo en utilizar los modeladores en la asignatura de Química, lo cual es importante ya que el desarrollo de laboratorios virtuales constituye un aspecto importante en la enseñanza de la Química (Rodríguez-Rivero, Molina-Padrón, Martínez-Rodríguez & Molina-Rodríguez, 2014). Sin embargo, son escasos los estudios sistemáticos sobre la utilización e impacto de las TIC en la enseñanza de la disciplina de química en los cursos de ingeniería de nivel superior (Duran-Sosa, Marty-Delgado, Thiago-Chimbundo & Salomé-Lourência, 2018).

Es importante mencionar que esta es una generación acostumbrada al uso de las redes sociales y como tal, siente mayor facilidad para el intercambio entre pares que con los profesores, lo cual es un aspecto que se puede aprovechar

para garantizar el trabajo en equipo y la coevaluación como acciones que refuerzan el proceso de aprendizaje (Moreno, 2016).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos avalan que los alumnos de la carrera de Sistemas Computacionales están de acuerdo con el uso de simuladores para realizar las prácticas en la asignatura de Química. Situación que es aceptada aun cuando no se presentaba la pandemia del COVID-19 en el año 2012 y que se confirma en el año 2021.

Se recomienda que se utilicen estos simuladores como apoyo en las asignaturas de Química, aunque es importante que se realicen más trabajos de investigación sobre el uso de estas herramientas de TIC para reforzar el conocimiento sobre la interacción de los estudiantes con estas nuevas tecnologías.

### Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México, Campus Escárcega, por su apoyo en la realización de este estudio.

## Referencias Bibliográficas

- Aquino-Canchari, C.R. & Medina-Quispe, C.I. (2020). COVID-19 y la educación en estudiantes de medicina. *Rev Cubana de Invest Bioméd*, 39(2). Recuperado de <https://bit.ly/3jocWPO>
- Bedford, J., Enria, D., Giesecke, J., Heymann, D.L., Ihekweazu, C., Kobinger, G., Lane, H.C., Memish, Z., don Oh, M., Sall, A.A., Schuchat, A., Ungchusak, K. & Wieler, L.H. (2020). COVID-19: towards controlling of a pandemic. *The Lancet*, 395(10229). [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30673-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30673-5)
- Brown, J. S. (2000). Growing up digital: how the web changes work, education,

and the ways people learn. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 32(2), 11-20. Recuperado de <https://bit.ly/3v8kgEk>

Di Rienzo, J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://bit.ly/362qCww>

Duran-Sosa, I., Marty-Delgado, J. R., Thiago-Chimbundo, M. & Salomé-Lourência, C. (2018). Actualidad y perspectivas del uso de las tecnologías de la información en la enseñanza de química en la educación superior en Angola. *Revista Órbita Pedagógica*, (5), 1-10. Recuperado de <https://bit.ly/3JqYalz>

Fernández, F. (2002). Use of process simulators for the unit operations education of undergraduate chemical engineers. *Computer Applications in Engineering Education*, (10), 155–160. <https://doi.org/10.1002/cae.10023>

Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E. & Sanchez-Riera, A. (2014). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*, 31(1), 434-445. Recuperado por <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.03.006>

García Sánchez, J., Aguilera Terrats, J. R., & Castillo Rosas, A. (2011). Guía técnica para la construcción de escalas de actitud. *Odiseo, revista electrónica de pedagogía*, 8 (16). Recuperado de <http://www.odiseo.com.mx/2011/8-16/garcia-aguilera-castillo-guia-construccion-escalas-actitud.html>

Gil, V. & Paiva, J. (2006). Computer Simulations of Salt Solubility. *Journal of Chemistry Education*, 83 (1), 170–172. Recuperado de <https://bit.ly/3DXLAJo>

- Hernández-Gálvez, Y., López-Arbolay, O. & Fernández-Oliva, B. (2021). Nueva realidad en la educación médica por la COVID-19. *Educación Médica Superior*, 35(1): 1-10: <https://bit.ly/37AKO9a>
- Lion, C. (2006). *Imaginar con tecnologías: relaciones entre tecnologías y conocimiento*. Colección itinerarios, 1ª ed. Editorial Stella. Recuperado de <https://bit.ly/3JsXBYe>
- Moreno-Olivos, T. (2016). *Evaluación del aprendizaje y para el aprendizaje. Reinventar la evaluación en el aula*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Cuajimalpa. Recuperado de <https://bit.ly/3785zJd>
- Martínez-Izquierdo C.M., & Calao-Sánchez G.C. (2012). Aplicación del sitio Web “VirtualMates” en la enseñanza de las Matemáticas. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 8: 1-11. <https://bit.ly/3xeIRKc>
- Núñez-Cortés, J. (2020). COVID-19 por SARS-Cov2 también ha afectado a la Educación Médica. *Educación Médica*, 21(4), 261-264. Recuperado de <https://bit.ly/3LQIJWv>
- Phet-simulaciones. (2012). *Interactive simulations*. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/es/simulations/filter?subjects=biology,general&type=html,prototype>
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1-6. <http://dx.doi.org/10.1108/10748120110424816>.
- Rapetti, E., & Cantoni, L. (2010). “Digital Natives” and learning with the ICTs. The “GenY @ work” research in Ticino, Switzerland. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 6(1), 39-49. Recuperado de <https://bit.ly/3DVuFHs>
- Rashid, T. & Muhammad, H. A. (2016). Technology use, self-directed learning,



student engagement and academic performance: Examining the interrelations. *Computers in Human Behavior*, 63, 604-612. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.084>

Rodríguez-Rivero, Y., Molina-Padrón, V., Martínez-Rodríguez, M., & Molina-Rodríguez, J. (2014). El proceso enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales, *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 5, no. 1, 67–69. Recuperado de <https://bit.ly/3jtOHPD>

Rose, S. (2020). Medical student education in the time of COVID-19. *JAMA*, 323(21). doi:10.1001/jama.2020.5227

Suárez-Navarro, M., Lemos-García, R., & De Armas-Urquiza, R. (2021). El aprendizaje de la química con apoyo de las TICs: ¿necesidad u oportunidad? *Revista Conrado*, 17(83), 222-231. Recuperado de <https://bit.ly/3rdOGUz>

Tapscott, D. (1998). *Growing Up Digital. The Rise of the Net Generation*. <https://doi.org/10.1023/A:1009656102475>

Tuárez-Párraga, M.M. & Loo-Colamarco, I.W. (2021). Herramientas digitales para la enseñanza creativa de química en el aprendizaje significativo de los estudiantes. *Dominio de las Ciencias*, 7 (6), 1048-1063. DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2380>