

# Perspectiva de estudiantes universitarios sobre el uso de los laboratorios virtuales en respuesta a los retos de la pandemia 2020.

Students' perspective of the use of virtual laboratories as an answer to challenges due to the 2020 pandemic.

Jorge Flores Mejía<sup>1</sup>  
Rosalia Buenrostro Arceo<sup>2</sup>  
Esperanza González Quezada<sup>3</sup>  
Sabrina Lizbeth Vega<sup>4</sup>

Recibido: 19/03/2022

Aceptado: 13/01/2022

Revista RELEP, Educación y Pedagogía en Latinoamérica.

Disponible en:

<https://iquatroeditores.com/revista/index.php/relep/index>

<https://doi.org/10.46990/relep.2022.4.3.602>



## Resumen

La presente investigación se desarrolló en la Universidad de Guadalajara (UdeG), en las diferentes carreras del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), con estudiantes de los primeros semestres, mediante la aplicación de una encuesta que consta de 21 ítems, en la que se evidencia un deficiente aprendizaje en el aspecto práctico y en la utilización de simuladores virtuales por parte de los alumnos y docentes. Este proyecto presenta un análisis del uso de los laboratorios virtuales como un medio para crear ambientes de aprendizajes significativos en los estudiantes que cursan materias prácticas o teórico-prácticas durante el periodo de la pandemia.

## Palabras clave

Aprendizaje, estudiantes, laboratorios virtuales, maestros, pandemia.

## Abstract

This research was developed in the Universidad de Guadalajara (UdeG), in different careers of the Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), with first semester students by applying a survey consisting of 21 items, in which evidence shows deficient learning in practical aspects and in the use of virtual simulators by both teachers and students. This project provides an analysis of the use of virtual laboratories as a means of creating significant learning environments in students who took practical or theoretical-practical subjects during the pandemic.

## Keywords

Learning, students, virtual laboratories, teachers, pandemic

## Introducción

Hablar de transformación digital en nuestros días va de la mano con la alfabetización digital, por tanto, es significativo reconocer que su aplicación permite adaptarnos a los nuevos cambios valiéndonos de estas tecnologías. Es por ello que se busca hacer uso de la innovación y la creatividad en un campo tan importante como es el aspecto teórico-práctico de la educación, remarcando así la importancia de las prácticas de laboratorio en este contexto. Es en los laboratorios donde los alumnos desarrollan habilidades cognitivas y destrezas de manera práctica, aplicando y comprobando los conocimientos adquiridos, es aquí donde se evidencia la importancia de la práctica en dichos laboratorios, y qué decir en nuestros días de los laboratorios virtuales. Ésta es una actividad preponderante en los alumnos del área, relacionada con las ciencias naturales y exactas, por lo que se busca crear un entorno blended learning (b-learning), es decir, aprovechar aquellas actividades presenciales ya establecidas y valoradas y vincularlas con las actividades virtuales (Días, Caro & Gauna, 2015), asimismo, que sean usadas para crear una cadena de certificaciones de habilidades y conocimientos para los egresados de la Universidad.

En este último año, la transformación digital ha adquirido una nueva cara frente a la necesidad de virtualizar la práctica docente sin previo aviso dentro de la crisis sanitaria que nos hemos experimentado; así, en medio de la adversidad, vale la pena establecer los cimientos para que los recursos y herramientas dedicadas a los ambientes de aprendizajes virtuales sean aprovechados en su máxima expresión cuando se regrese a la modalidad presencial. Es por esto por lo que se ha decidido realizar una investigación que permita sustentar dicho aprendizaje b-learning a través de los laboratorios virtuales.

En la precipitada transición que tuvimos que realizar de un ambiente de aprendizaje presencial a uno virtual, observamos como principal problemática el desfase experimentado tanto por alumnos como por docentes en el área de las tecnologías con su aplicación en la educación.

Es importante establecer que esta investigación se realizó con una muestra de estudiantes de las diferentes carreras adscritas al CUCEI, con edades comprendidas entre 18 y 24 años, etapa en la que, en su mayoría, cursan la universidad. Los grupos de estudio fueron preferentemente de primero, segundo y tercer semestres, que son los segmentos que se han visto directamente involucrados en la problemática de la pandemia, que obligó a la comunidad a adoptar una modalidad educativa virtual. En esta investigación queda claro que para los alumnos inscritos en unidades de aprendizaje teórico-prácticas o exclusivamente prácticas, resulta relevante la presencialidad o semipresencialidad, en virtud de que, al desarrollar sus prácticas en un laboratorio, adquieren habilidades y destrezas en el manejo de equipos, material de laboratorio y reactivos, sin dejar a un lado la importancia del trabajo colaborativo, en el que comparten sus experiencias y conocimientos.

El objetivo de esta investigación fue identificar las problemáticas que experimentan los alumnos y docentes tanto en el aspecto práctico como en la utilización de simuladores virtuales durante la pandemia para las materias prácticas, como los laboratorios. Asimismo, se busca establecer una propuesta de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje aprovechando las herramientas del laboratorio virtual que se utilizaron como un apoyo para crear ambientes de aprendizajes significativos en los estudiantes que cursan materias prácticas o teórico-prácticas.

Una de las aportaciones científicas de esta investigación se basa en la recolección de datos a través de la encuesta para conocer la percepción de los estudiantes universitarios en lo referente al desarrollo de las prácticas de laboratorio presenciales y virtuales durante estos tiempos, permitiendo con ello hacer una propuesta de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Revisión de la literatura**

Es importante reconocer que las prácticas presenciales en los laboratorios convencionales permiten fomentar en los alumnos el trabajo en equipo, desarrollar su creatividad, estar en contacto directo con materiales, reactivos y equipos; sin embargo, en 2020 el mundo enfrentó la pandemia de COVID-19, ante lo cual todas las universidades tuvieron que suspender las clases presenciales, siendo las prácticas de laboratorio las más perjudicadas por la misma naturaleza de esta área del conocimiento, ya que los reactivos químicos no pueden ser adquiridos por los alumnos de manera individual y no cuentan con el ambiente controlado del laboratorio que proporciona seguridad. Vargas (2019) destaca las ventajas que tiene el uso de los laboratorios virtuales en la educación, y aunque se han creado alternativas como son la transmisión de prácticas grabadas en video y el uso de algunas plataformas de simulación, sabemos que esto no es suficiente, ya que los alumnos necesitan adquirir las competencias y habilidades relacionadas con el uso de equipo y material de laboratorio, por lo que la actualización de los profesores para el uso de laboratorios virtuales es fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje en nuestros días. Actualmente, en este mundo globalizado, donde el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) nos está rebasando, debemos adaptarnos a esta nueva modalidad, donde el alumno puede desarrollar su aprendizaje en un entorno virtual apoyado en diferentes plataformas cuya función es facilitar dicho aprendizaje. La realización de prácticas de laboratorio es uno de los objetivos más importantes que debe perseguir la enseñanza, ya que además de ayudar a comprender los conceptos propios de la asignatura, permite a los alumnos incursionar en el método científico; todas las prácticas en los laboratorios, reales o virtuales, requieren que el alumno desarrolle capacidades y destrezas (Cataldi, Donnamaria & Lage, 2008).

En este contexto, es importante reconocer que los alumnos tienen diferentes estilos de aprendizaje, cada uno sustentado en distintas características. Quiroga y Rodríguez (2002, citados en Castro & Guzmán, 2005, p. 86) afirman al respecto: “los estilos cognitivos reflejan diferencias cualitativas y cuantitativas individuales en la forma mental fruto de la integración de los aspectos cognitivos y afectivo-motivacionales del funcionamiento individual”. Con base en ello, se puede identificar la manera en que cada alumno adquiere sus conocimientos.

Según Grasha (1998, citado en Castro & Guzmán, 2005, p. 86), “son las preferencias que los estudiantes tienen para pensar, relacionarse con otros en diversos ambientes y experiencias”. Por tanto, se puede establecer la importancia que para los alumnos representa el llevar a la práctica sus procedimientos de laboratorio, desarrollando el pensamiento crítico y sus habilidades mediante trabajo colaborativo.

Desde siempre, la actividad experimental ha sido parte integral de la educación. Para Gil et al. (1999, Citados en López & Tamayo, 2012, p. 148), “tanto los profesores como los estudiantes asocian intuitivamente las prácticas de laboratorio con el trabajo científico”. Esta estrecha relación permite entender la importancia de que el alumno aplique no sólo un desarrollo experimental siguiendo paso a paso un procedimiento, sino que además desenvuelva sus capacidades mentales y psicomotoras, fortaleciendo así sus conocimientos y destrezas.

Dado que en este momento no será posible regresar a las prácticas tradicionales, las tecnologías digitales tendrán que utilizarse al máximo. El contexto abre un abanico de posibilidades para innovar y mejorar el aprovechamiento de los alumnos, es por ello que para hablar de laboratorios virtuales es necesario partir de conocer una de sus tantas definiciones, como la propuesta por la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco): “un espacio electrónico de trabajo investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación” (citado en Infante, 2014, p. 918). En este tiempo se emplearon diversas herramientas para establecer comunicación con los alumnos, como las plataformas de Moodle, Microsoft Teams y Google Classroom, así como para favorecer la interacción entre profesores y alumnos. Para las materias prácticas, como son los laboratorios, se tuvieron que utilizar simuladores virtuales, dejando pendiente el desarrollo en los alumnos de la habilidad para el uso correcto de materiales, equipos y reactivos. Por otra parte, cada una de las carreras busca la certificación de calidad a nivel nacional e internacional, en cuyo caso, el conocimiento práctico que generalmente se realiza en los laboratorios tiene mucha importancia en su evaluación, ya que se aplican los saberes adquiridos en la teoría (Fiad & Galarza, 2015). En este contexto, se requiere buscar el equilibrio entre las herramientas virtuales y la práctica de laboratorio.

Una de las posibilidades de combinar lo práctico con lo virtual es utilizar herramientas tecnológicas para hacer uso de los repositorios que se comenzaron a diseñar por las propias necesidades que generó la pandemia (Universidad de Guadalajara, 2021; Instituto de Química, 2021; Gobierno de México, 2021), que en la actualidad ya permiten consultar videos y materiales como el reglamento de los espacios, las medidas de seguridad, las normas a seguir (Diario Oficial de la Federación, 2011), entre otros documentos propios de cada laboratorio o universidad.

Lo anterior nos lleva a subrayar la importancia de que los alumnos manifiesten dominio sobre estos reglamentos y normas, conocimiento que tendrán que demostrar mediante cuestionarios, reportes y ensayos en plataformas, por ejemplo (EDUCACIÓN 3.0, 2021; Cengage, 2021), para poder realizar alguna práctica y uso de laboratorios virtuales (Ciudad Universitaria Virtual de San Isidoro, 2021; Gobierno de Canarias, 2021; Universidad Nacional Autónoma de México, 2021), donde podrán probar su conocimiento y habilidad acerca de la actividad que van a desarrollar experimentalmente dentro de un laboratorio. En este sentido, los laboratorios virtuales pueden ser utilizados como herramientas aportadas por las TIC para la enseñanza (Velosa & Córdoba, 2014) y pueden ser analizados desde dos aspectos muy importantes:

1. La herramienta en sí misma, sus características y la aportación que ésta hace en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.
2. Cómo se usa esta herramienta y el papel que desempeña en el diseño instruccional educativo.

Esto formará profesionalmente al alumno, ya que tendrá que prepararse para realizar alguna práctica determinada, ejercitarse previamente con el uso de los laboratorios virtuales recreando diferentes escenarios y tener las posibilidades de cometer errores que en la práctica no se pueden permitir. En la práctica dentro del laboratorio, el alumno sabrá lo que tiene que hacer, cómo lo tiene que hacer y demostrar sus habilidades sobre el uso del material, de equipos y de reactivos.

El estudiante podrá observar el fenómeno, aprender y comprender, concluyendo su trabajo con la realización de un reporte final. La certificación de la práctica en el laboratorio no necesariamente debe llevarse a cabo dentro de un laboratorio de la universidad, sino que también podría realizarse en un laboratorio en la industria, encomendando al encargado(a) de dicho laboratorio que emita el reporte del dominio del alumno en la práctica. Esto también podría aportar elementos valiosos al perfil profesional de los alumnos que trabajen en laboratorios para acreditar la materia por competencias. Además, la industria podría adaptar, para sus empleados, acreditaciones en el dominio de una técnica específica y que éstas sean avaladas por la universidad.

Una de nuestras propuestas es crear una plataforma apropiada para que el alumno refuerce los aspectos más relevantes en el uso de laboratorios virtuales, tales como:

- La acreditación del dominio de reglamentos de laboratorio.
- El dominio de las normas de seguridad y de higiene en el trabajo.
- Dominio de la teoría básica para el uso de la técnica o la práctica a realizar.
- Dominios de la práctica en el laboratorio virtual.
- Realización de la práctica dentro del laboratorio.
- Reporte de la práctica.
- Crear una huella de dominio de prácticas que sea requisito para otros laboratorios más avanzados.

La acreditación de las materias de laboratorio continuará siendo un reto cuando el cupo de los espacios sea limitado, dando como resultado el uso óptimo de dicho recurso. Por tanto, la secuencia de acreditaciones permitirá que el alumno, junto con su equipo, asista al laboratorio cuando domine el conocimiento teórico y su aplicación en la plataforma virtual, usando únicamente el tiempo presencial requerido.

## **Metodología**

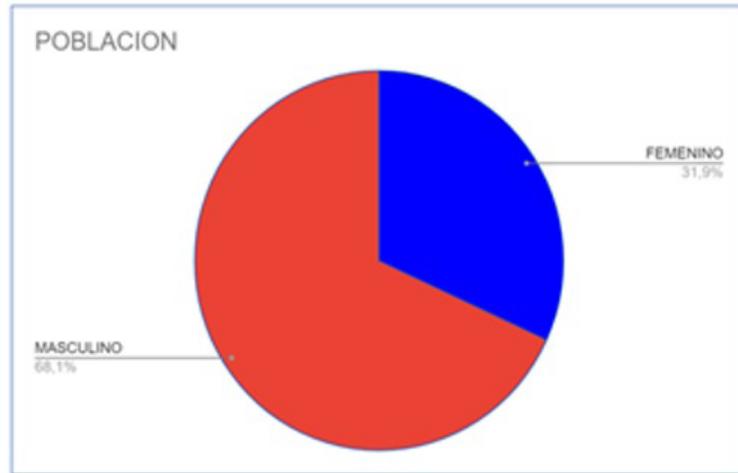
El tipo de investigación empleada para el desarrollo de este proyecto es la investigación tecnológica aplicada, pues se centra en la forma en que las tecnologías pueden fortalecer los procesos de aprendizaje y los impactos que éstos han de tener en los sistemas de adquisición del conocimiento. En este contexto, la metodología aplicada en este proyecto reúne las condiciones de una investigación de tipo exploratorio, descriptivo y con un nivel aplicativo, mientras que el diseño de investigación es no experimental y transversal.

El estudio se llevó a cabo mediante un muestreo no probabilístico o intencionado, en 248 estudiantes de las diferentes carreras que imparte el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) que cursan los primeros semestres. La técnica que se utilizó en esta investigación fue una encuesta que consta de 21 ítems con el fin de conocer estados de opinión o hechos específicos mediante preguntas cerradas y abiertas.

De los estudiantes encuestados para esta investigación, 68.1% pertenece al sexo masculino y 31.9% al femenino, estos porcentajes muestran una gran diferencia entre la cantidad de hombres y mujeres que respondieron la encuesta, lo cual concuerda con la población estudiantil en este centro universitario, que para el ciclo 2020B registró el ingreso de 16 905 estudiantes, de los cuales 28.33% corresponde a mujeres, por tanto, el restante 71.77% es hombre (Universidad de Guadalajara, 2021). En la gráfica 1 se muestra la distribución de la población en estudio.

**Gráfica 4.1**  
Población en estudio

**Gráfica 1. Población en estudio**



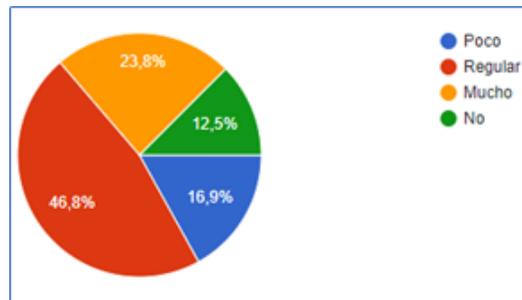
Fuente: elaboración propia

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados que se obtuvieron al aplicar la encuesta.

1. ¿Has tenido problemas para adaptarte a las clases de laboratorio en línea?

**Gráfica 4.2**  
Adaptabilidad a las clases de laboratorio en línea



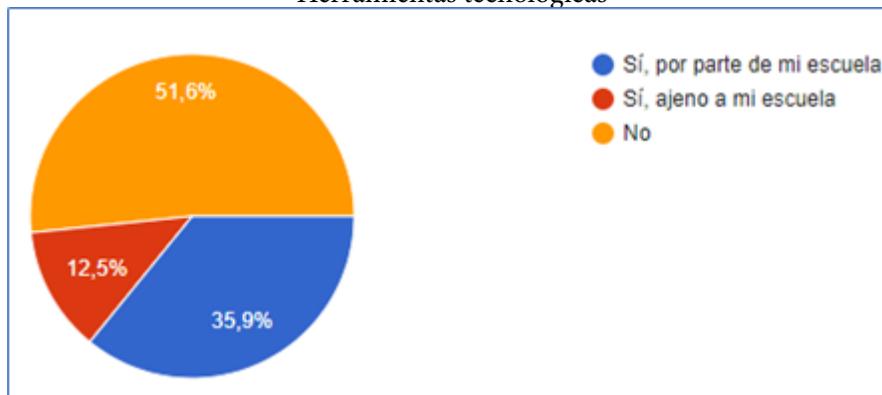
Fuente: elaboración propia.

## Analisis

Los alumnos que contestaron la encuesta se encuentran en un rango de edad promedio de 19.95, con una desviación estándar de 3.44; de esta población, 92.3% cursa del primero al cuarto semestre, y son quienes menos experiencia previa en laboratorio presencial tuvieron, aunado a ello, 23.8% de dicha población presentó dificultad para adaptarse a los laboratorios en línea.

2. ¿Conoces algún programa que te proporcione herramientas o alguna otra alternativa para llevar clases de laboratorio virtuales en caso de que no puedas hacerlo por tus medios?

**Gráfica 4.3**  
Herramientas tecnológicas

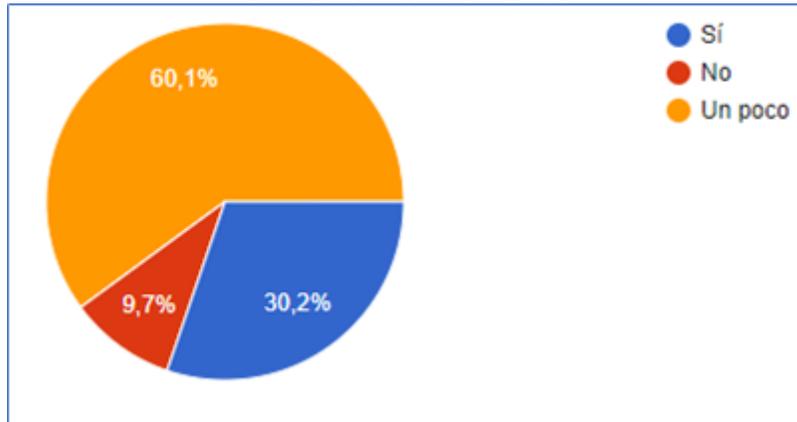


Fuente: elaboración propia

Con la ayuda de la universidad, 35.9% de los estudiantes tuvo acceso a los laboratorios virtuales; 12.5% accedió a otras plataformas ajenas a la universidad (puede ser que fueran guiados por el profesor o por su propia iniciativa).

3. ¿Consideras que el personal docente está adaptado a este modelo educativo?

**Gráfica 4.4**  
Docente-laboratorio virtual



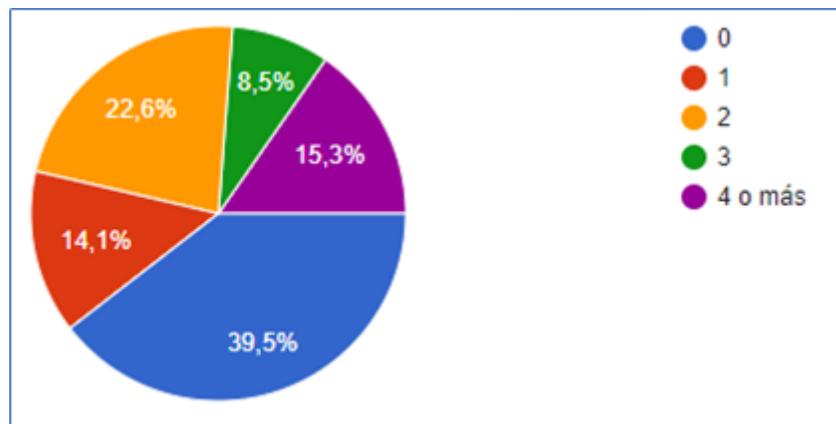
Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4.4 se evidencia la dificultad de que los profesores no estuvieran adaptados para utilizar las plataformas de laboratorio virtual como una alternativa a las prácticas presenciales, lo que fue percibido por el alumnado, ya que 69.8% de los estudiantes tuvo esa opinión.

4. El semestre pasado, ¿cuántas horas a la semana tuviste en el laboratorio virtual?

**Gráfica 4.5**

Clases de laboratorio virtual



Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4.5 se puede constatar que 60.5% de los profesores dedicó pocas horas a la interacción con los alumnos en el uso de los laboratorios virtuales.

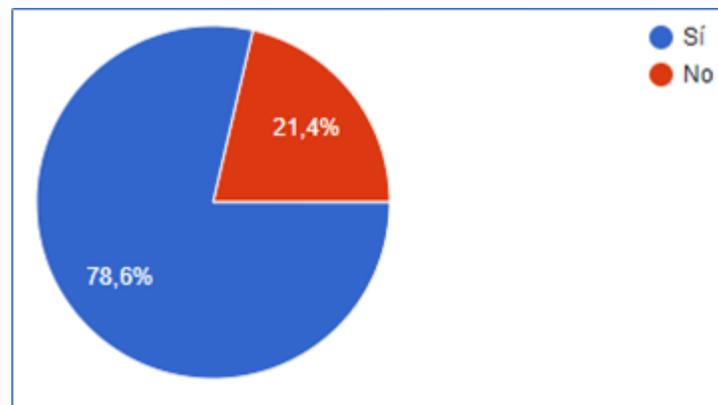
Al plantear la opción de observar a los profesores realizar las prácticas en el laboratorio en vivo como una alternativa para su aprendizaje, la opinión fue que sólo 39.5% de los entrevistados lo considera viable, por lo que tener el video de la práctica pudiera ser suficiente (dato obtenido de la pregunta 13 de la encuesta), siempre y cuando el docente dé seguimiento al desarrollo práctico, diseñando herramientas digitales de apoyo para que el alumno se sienta acompañado en su proceso de aprendizaje.

Esta percepción podría estar relacionada con la cantidad de horas que el profesor explicó o estuvo presente en las prácticas del laboratorio virtuales, ya que posiblemente emplea videos para realizar la práctica y que los alumnos lo reprodujeran en su casa. Al respecto, 86.3% de los alumnos empleó la plataforma YouTube para apoyarse en los laboratorios virtuales (dato obtenido en pregunta 12 de la encuesta).

5. El semestre pasado, ¿consideras que hubo un cambio negativo al tener que adaptarse a los laboratorios virtuales?

**Gráfica 4.6**

Adaptabilidad al laboratorio virtual



Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4.6 se puede observar que 78.6% de los alumnos opina que sí hubo un cambio negativo al tener que adaptarse a las clases con el uso de laboratorios virtuales, mientras que 21.4% lo considera positivo.

## **Discusión**

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede observar que, de acuerdo con la necesidad emergente de migrar a un ambiente de aprendizaje virtual, tanto alumnos como docentes se vieron en la necesidad de atravesar una brecha tecnológica que los llevó a una curva de aprendizaje en su propia alfabetización digital. Los estudiantes, habituados al uso de las redes sociales, tuvieron que adaptarse al estudio mediante nuevas herramientas tecnológicas y digitalización educativa. Los maestros tuvieron que dar un giro inesperado adaptando su proceso de enseñanza y creando materiales innovadores que cumplieran las expectativas de la educación virtual. Se pueden identificar algunas de las problemáticas en el trayecto de esta adaptación en el apartado de resultados de este escrito.

Fiad y Galarza (2015) explican las ventajas que tiene implementar el uso de los laboratorios virtuales; sin embargo, debido a la problemática expresada en el presente estudio, referente a la premura de pasar de un ambiente de aprendizaje a otro, los alumnos expresan la deficiencia en la adquisición de conocimientos y habilidades a través del uso de estos laboratorios virtuales, lo que lleva a plantear la estrategia de establecer una plataforma donde el alumno pueda tener un recurso de apoyo sobre cómo utilizar un laboratorio virtual para cubrir esta deficiencia

## **Conclusiones**

El uso de laboratorios virtuales permitió cubrir una necesidad primordial durante el periodo de la pandemia en los alumnos que cursaron materias prácticas al poder llevar en línea el desarrollo de sus procedimientos prácticos, logrando con ello fortalecer los conocimientos adquiridos mediante la teoría. Se observaron ciertas deficiencias en la implementación de estas herramientas tecnológicas, pero que se pueden subsanar para su mejor aprovechamiento. Además, será posible adaptarlas y aprovecharlas para cuando se regrese a clases presenciales.

La propuesta permite el aprovechamiento de estas herramientas desde la perspectiva educativa mejorando los resultados de aprendizaje en los alumnos, ya que éstos tendrán un mayor dominio de la teoría básica para el uso de la técnica o de la práctica a realizar y podrán acreditarse en el conocimiento del reglamento de laboratorio, de las normas de seguridad y de la higiene en el trabajo.

La implementación y uso de los laboratorios virtuales utilizados para el aprendizaje facilitan en gran medida la tarea que esto conlleva en el desarrollo de las prácticas de laboratorio; además de que reducen los costos y al mismo tiempo los accidentes, son una excelente opción de aprendizaje, ya que el alumno puede hacer cuantas repeticiones requiera sin la necesidad de invertir en equipos de laboratorio y, por ende, en la adquisición de reactivos.

Los laboratorios químicos virtuales ofrecen un sinnúmero de ventajas, como promover el autoaprendizaje de los alumnos mediante el uso de simuladores, dar apertura al desarrollo de un pensamiento analítico, sintético, crítico y de evaluación, asimismo, se logra la comprensión de mecanismos de reacción y el aprendizaje basado en problemas, y por ende, la adquisición de nuevas técnicas de aprendizaje a través de estas herramientas tecnológicas. Nuestra propuesta pretende mejorar el seguimiento y la evolución de las prácticas en el laboratorio, además de crear un historial curricular para el desarrollo profesional del estudiante. Así, se podrá contar con una base de datos para un posterior análisis y utilización.

Sin embargo, no hay que dejar de reconocer que todo lo virtual puede desaparecer con el tiempo, como ha llegado a suceder con diferentes plataformas. Es por ello que hay que seguir actualizando e innovando en el uso y la aplicación de las TIC.

## Referencias

- Castro, S. & Guzmán De Castro, B. (2005). Los estilos de aprendizaje en la enseñanza y el aprendizaje: una propuesta para su implementación. *Revista de Investigación*, 58, 83-102. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376140372005.pdf>
- Cataldi, Z., Donnamaria, C. & Lage, F. (2008). Simuladores y laboratorios químicos virtuales: educación para la acción en ambientes protegidos. Informe de investigación. Recuperado de [https://labvirtualquimica.weebly.com/uploads/1/4/2/8/14284831/simuladores\\_y\\_laboratorios\\_quimicos\\_virtuales.pdf](https://labvirtualquimica.weebly.com/uploads/1/4/2/8/14284831/simuladores_y_laboratorios_quimicos_virtuales.pdf)
- Diario Oficial de la Federación (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA3-2011, Para la organización y funcionamiento de los laboratorios clínicos. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5240925&fecha=27%2f03%2f2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5240925&fecha=27%2f03%2f2012)
- Días, C. B., Caro, N. P. & Gauna, E. J. (2015). Cambio en las estrategias de enseñanza-aprendizaje para la nueva Generación Z o de los “nativos digitales”. Recuperado de <https://repositorial.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/4134>
- Fiad, S. B. & Galarza, O. D. (2015). El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de Mol. *Formación universitaria*, 8(4), 03-14. Recuperado de <https://dx>.

doi.org/10.4067/S0718-50062015000400002

- Infante, C. (2014, julio). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62). Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-66662014000300013](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000300013)
- López, A. M. & Tamayo, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1(8), 145-166. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>
- Velosa, J. & Córdoba, E. (2014). Taxonomía de laboratorios y estrategias e-learning para la formación en materiales y procesos de manufactura. *Revista Colombiana de Materiales*, 5, 114-122.
- Laboratorios virtuales
- Cengage (26 de marzo de 2021). 27 plataformas virtuales educativas gratuitas (<https://latinoamerica.cengage.com/27-plataformas-virtuales-educativas-gratuitas/>)
- Ciudad Universitaria Virtual de San Isidoro (26 de marzo de 2021). Laboratorios virtuales de Química gratis en Internet (<https://www.cuvsu.com/2014/10/laboratorios-virtuales-de-quimica.html>)
- EDUCACIÓN 3.0. Edita Tecno Media Comunicación SL. (14 de enero de 2021). Herramientas educativas para organizar, crear y gestionar la labor docente (<https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/herramientas-educativas-docentes-ahorrar-tiempo/>)
- Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes (26 de marzo de 2021). Laboratorio virtual (<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/tag/laboratorio-virtual/>)
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (26 de marzo de 2021). Laboratorio virtual. ([http://www.objetos.unam.mx/quimica/oxigeno\\_mnm/](http://www.objetos.unam.mx/quimica/oxigeno_mnm/)) Repositorios de Química
- Gobierno de México. Conacyt (26 de marzo del 2021). Repositorio Nacional (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>)
- Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (26 de marzo del 2021). Repositorio del Instituto de Química (<http://rdu.iquimica.unam.mx/>)
- Universidad de Guadalajara. Coordinación General de Control Escolar (2021). ([http://www.escolar.udg.mx/sites/default/files/Informe\\_de\\_Matricula\\_Inicio\\_de\\_Cursos\\_911\\_2020-2021.xlsx](http://www.escolar.udg.mx/sites/default/files/Informe_de_Matricula_Inicio_de_Cursos_911_2020-2021.xlsx))
- Universidad de Guadalajara. Vicerrectoría Ejecutiva. Sistema Universitario de Bibliotecas (2021). RIUdeG (<https://riudg.udg.mx/>)
- Vergara, D. (2019). Imposición de los laboratorios virtuales en la educación del siglo XXI. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 12( 2), 119-128.

### **Sobre los autores**

<sup>1</sup> Profesor Investigador Titular B. Departamento de Química. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara. México, ORCID: 0000-0002-3952-0033

<sup>2</sup> Profesor Investigador Titular B. Departamento de Matemáticas. Universidad de Guadalajara. México. ORCID: 0000-0003-3658-3247

<sup>3</sup> Profesor docente titular B. Departamento de Química. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara. México, ORCID: 0000-0002-8987-3996

<sup>4</sup> Profesor e Investigador. Departamento de Ciencias Computacionales. , Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara. México, ORCID: 0000-0001-6020-3916



# iQU4TRO EDITORES

*En colaboración con:*

