



## Desafíos de la enseñanza de Química en pandemia covid-19: ventajas y limitaciones

*Challenges of teaching chemistry in pandemic covid-19: advantages and limitations*

Desafios do ensino de química na pandemia de covid-19: vantagens e limitações

Vinicio Salinas<sup>1</sup>

Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo - Manabí, Ecuador

 <https://orcid.org/0009-0005-2974-6142>  
vinosalinas89@hotmail.com (correspondencia)

Jean Pérez

Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo - Manabí, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-7971-1782>  
jean.perez@utm.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.05v.004>

Recibido: 26/07/2023 Aceptado: 17/08/2023 Publicado: 27/10/2023

### PALABRAS CLAVE

competencias digitales,  
covid-19, educación,  
plataformas digitales,  
química.

**RESUMEN.** La pandemia de covid-19 ha afectado significativamente a la educación en todo el mundo, incluyendo la enseñanza de Química. La transición abrupta al aprendizaje en línea y la necesidad de adaptarse a nuevas formas de enseñanza han planteado desafíos significativos. Por ello, es importante llevar a cabo una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar los principales desafíos y medidas adoptadas en la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia de covid-19, para identificar las prácticas más efectivas para abordar estos desafíos y desarrollar estrategias que apoyen el aprendizaje. La metodología mantuvo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo, constituyéndose en una revisión bibliográfica, fundamentada en los métodos de investigación hermenéutico y analítico-sintético, así como en la técnica de análisis de contenido, para lo cual se tomó como muestra un total de 57 publicaciones de bases de datos como Scopus, Dialnet, Latindex y Scielo, recopilando artículos de alto impacto en idiomas: español, inglés y portugués. Los resultados denotan que la pandemia ha impulsado la implementación de medidas y estrategias innovadoras en la enseñanza de Química, aunque también ha puesto de manifiesto las limitaciones y desafíos que deben superarse para garantizar una educación de calidad en el futuro. Es necesario seguir evaluando y mejorando estos nuevos enfoques para asegurar su efectividad y accesibilidad para todos los estudiantes.

### KEYWORDS

**ABSTRACT.** The covid-19 pandemic has significantly affected education worldwide, including chemistry education. The abrupt transition to online learning and the need to adapt to new ways of teaching have posed significant challenges. Therefore, it is important to conduct a literature review with the aim of analyzing the main challenges and measures adopted in Chemistry teaching in the context of the covid-19 pandemic, to identify the most effective practices to address these

<sup>1</sup> Licenciado en Ciencias de la Educación Mención Química y Biología por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.



digital skills, COVID-19, education, digital platforms, chemistry.

challenges and to develop strategies to support learning. The methodology maintained a qualitative approach, of descriptive type, constituting a bibliographic review, based on the hermeneutic and analytical-synthetic research methods, as well as on the content analysis technique, for which a total of 57 publications from databases such as Scopus, Dialnet, Latindex and Scielo were taken as a sample, compiling high impact articles in Spanish, English and Portuguese. The results show that the pandemic has boosted the implementation of innovative measures and strategies in chemistry teaching, although it has also revealed the limitations and challenges that must be overcome to ensure quality education in the future. These new approaches need to be further evaluated and improved to ensure their effectiveness and accessibility for all students.

## PALAVRAS-CHAVE

competências digitais, covid-19, educação, plataformas digitais, química.

**RESUMO.** A pandemia de covid-19 afetou significativamente a educação em todo o mundo, inclusive o ensino de química. A transição abrupta para o aprendizado on-line e a necessidade de se adaptar a novas formas de ensino representaram desafios significativos. Portanto, é importante realizar uma revisão da literatura com o objetivo de analisar os principais desafios e medidas adotadas no ensino de química no contexto da pandemia de covid-19, identificar as práticas mais eficazes para enfrentar esses desafios e desenvolver estratégias de apoio à aprendizagem. A metodologia seguiu uma abordagem qualitativa, descritiva, composta por uma revisão de literatura, baseada nos métodos de pesquisa hermenêutico e analítico-sintético, bem como na técnica de análise de conteúdo, para a qual foi amostrado um total de 57 publicações de bases de dados como Scopus, Dialnet, Latindex e Scielo, compilando artigos de alto impacto em espanhol, inglês e português. Os resultados mostram que a pandemia motivou a implementação de medidas e estratégias inovadoras no ensino de química, mas também destacou as limitações e os desafios que precisam ser superados para garantir um ensino de qualidade no futuro. Essas novas abordagens precisam ser avaliadas e melhoradas para garantir sua eficácia e acessibilidade para todos os alunos.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pandemia de covid-19 supuso un reto para los educadores, que tuvieron que adaptar urgente y masivamente todas sus clases a la enseñanza a distancia para mantener la continuidad educativa con la misma calidad (Ramírez, 2020). Aunque algunos profesores y determinadas clases estaban preparados para afrontar la situación, una gran mayoría tuvo que adaptar su enseñanza y aprendizaje en muy poco tiempo, sin los recursos necesarios, con una conectividad deficiente y escasa preparación (Dietrich et al., 2020).

Esta época fue extraordinariamente difícil tanto para los estudiantes como para los docentes, sobre todo porque muchos no conocían las posibilidades y los puntos débiles del entorno de aprendizaje en línea antes de adoptarlo. Especialmente en el caso de la química y disciplinas afines, este cambio en el modo de enseñanza es aún más perturbador en los niveles que tienen componentes prácticos y experimentales debido a la pérdida de acceso a los laboratorios presenciales (Pilkington & Hanif, 2021).

Esta inesperada y rápida transición al aprendizaje en línea ha hecho que se multipliquen las estrategias de los profesores para la enseñanza a distancia en clases, tutorías, grupos de proyectos, trabajos de laboratorio y evaluaciones.

En Australia, el cierre de escuelas y la transición a la educación en línea ha presentado desafíos en la enseñanza de la química, especialmente en la realización de prácticas de laboratorio, además, se impuso una política que exige que los estudiantes tengan al menos un 80% de asistencia a las clases en línea para aprobar la unidad. Los educadores han tenido que adaptar sus métodos de enseñanza y desarrollar nuevas formas creativas de involucrar a los estudiantes y mantener su interés en la química (García, 2021).



Por otro lado, en África, la situación ha sido aún más desafiante debido a la falta de acceso a la tecnología y la conectividad a Internet confiable. La falta de acceso a dispositivos electrónicos apropiados para el aprendizaje en línea ha creado una brecha en la educación virtual que afecta a numerosos estudiantes. Adicionalmente, la carencia de recursos y equipamiento de laboratorio adecuado ha complicado la realización de experimentos de química en línea o en el entorno doméstico, como se señala en el estudio de Soares et al. (2020).

En India, la mayoría de las instituciones educativas se han utilizado plataformas de redes sociales para la enseñanza de Química como Facebook, WhatsApp, YouTube, Google Meet, Telegram, Zoom y correo electrónico para la enseñanza. El *National Council of Educational Research and Training* (NCERT) denominación del canal de YouTube de este país no midió estrictamente la asistencia de los estudiantes debido a la falta de Internet de alta velocidad en ambos extremos; aun así, se han tomado diferentes medidas para mantener la continuidad académica en su mejor nivel, similar a los informes de otras instituciones a nivel mundial (Giri & Dutta, 2021).

De acuerdo con Oliveira et al. (2021) en Brasil, tanto los estudiantes como los docentes enfrentaron desafíos de alternativas tecnológicas de experimentos de laboratorio remoto o virtual y en su mayoría dependían de la transmisión de TV para el aprendizaje o el canal de la Secretaría de la Educación (SEEDUC), siendo un limitante para estudiantes de áreas rurales o empobrecidas. También marcaron los desafíos de maestros suficientemente capacitados que tienen experiencia previa en la enseñanza en línea. Se modificaron las tareas para realizar evaluaciones en línea en lugar de pruebas, algunas instituciones en diferentes países también adoptaron diferentes modos de evaluación, incluidas preguntas de tipo de opción múltiple.

En otros países de Latinoamérica como Argentina, Chile, Colombia, Perú, Venezuela y Ecuador se emplearon plataformas digitales como Zoom, Google Meets, Whatsapp para videoconferencias, tareas, reuniones y se promovió la innovación educativa, así como la formación de profesores y a directivos en el uso y manejo de plataformas tecnológicas; identificándose entre los principales retos la conectividad, infraestructura física, tecnológica, adaptación, motivación de estudiantes y competencias digitales para poder responder a la pandemia (Ramírez, 2020).

A pesar de todos los inconvenientes, esta situación ofreció nuevas experiencias y perspectivas e impulsó los avances educativos como nunca, según Pilkington y Hanif (2021) los profesores han demostrado una gran capacidad de resistencia durante esta crisis, a costa de un importante compromiso personal, reconocen que han aprendido más sobre educación a distancia en el tiempo de la pandemia que en los últimos 10 años.

En ambos continentes, los educadores han tenido que ser creativos e innovadores para superar estos desafíos y continuar brindando una educación de calidad en química a sus estudiantes. Esto ha incluido la creación de recursos y materiales educativos en línea, la capacitación en tecnología y la implementación de prácticas de laboratorio en el hogar. También se han utilizado estrategias de enseñanza basadas en proyectos y enfoques colaborativos para involucrar a los estudiantes y fomentar el aprendizaje activo.

Su relevancia radica en que, ante la realidad actual de cambios climáticos, enfermedades y otras situaciones que se presentan de forma intempestiva, se requiere que el campo de la educación este preparado ante dichas amenazas, que generan como posible escenario el cierre de instituciones educativas. Por lo cual, es importante reconocer las mejores medidas, estrategias, recursos y limitaciones para orientar a los profesores y prepararlos para seguir enseñando en línea de forma óptima (Babincakova & Bernard, 2020).

Además, es necesario reconocer diversos aspectos cognitivos y emocionales que inciden en la enseñanza de química en la virtualidad, al respecto mencionaron Hensen y Barbera (2019) que no sólo los conocimientos de los estudiantes son importantes para observar el impacto de las clases de química, sino que la ansiedad y la satisfacción emocional de los estudiantes, la utilidad del laboratorio y del equipo, el instructor, entre otros factores pueden influir en los resultados afectivos de los estudiantes más que el entorno de aprendizaje.

Por lo antes citado, el objetivo principal de este artículo es analizar los principales desafíos y medidas adoptadas en la enseñanza de Química, para responder a las necesidades educativas en el contexto de la pandemia covid-19. En cuanto a los objetivos específicos planteados están: a) Identificar las principales medidas y estrategias adoptadas para la enseñanza de Química; b) Reconocer las ventajas de las medidas y estrategias empleadas en la enseñanza de Química; c) Describir las limitaciones en la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19.

## 2. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo, que implicó la selección de estudios científicos relacionados con el tema de interés, publicados en revistas indexadas. Siguiendo la perspectiva de Hernández et al. (2014), este enfoque se centra en la comprensión detallada de sucesos complejos, que se logra a través de la recopilación y análisis de datos no numéricos. Esta metodología es especialmente relevante en las disciplinas de ciencias sociales y humanidades.

Se hizo uso del método hermenéutico y el análisis sintético, junto con la técnica de análisis de contenido. Los datos recopilados y las experiencias compartidas pueden ser de gran utilidad para educadores y estudiantes de química, ya que contribuyen a la comprensión de los desafíos que surgen en momentos de crisis. Esto, a su vez, puede facilitar el desarrollo de políticas, métodos y estrategias efectivas para abordar dichos desafíos.

Posterior a ello se realizó un estudio descriptivo tipo revisión sistemática, fundamentado en los métodos de investigación hermenéutico y analítico-sintético. Según Bernal (2014) la investigación descriptiva busca describir y analizar características específicas de un objeto de estudio, sin necesariamente intentar establecer relaciones causales o explicativas. El método hermenéutico se basa en la interpretación y comprensión de textos, símbolos o expresiones culturales.

### Métodos

Por otro lado, de acuerdo con Hernández et al. (2014) el método analítico es una estrategia de investigación que busca dividir y descomponer un fenómeno o problema en partes más pequeñas y manejables, para así entender su funcionamiento y relación entre ellas. Este método se basa en la identificación de las partes del todo, su análisis individual y luego su integración para comprender el fenómeno en su conjunto. Se utiliza en muchas disciplinas científicas, como la química, la física y la psicología.

### Técnicas

Se empleo la técnica de análisis de contenido que según Sánchez et al. (2021) es una herramienta de investigación que se utiliza para analizar y categorizar datos cualitativos, como documentos, entrevistas o textos escritos. Consiste en identificar temas, patrones o categorías en los datos, y organizarlos de manera sistemática. Esta técnica se utiliza frecuentemente en investigaciones cualitativas, para extraer información relevante y significativa de los datos cualitativos recolectados.



El uso combinado de estos métodos y técnicas ayudó mucho en la interpretación, análisis y resumen de los textos descubiertos dentro de los materiales bibliográficos que fueron consultados en publicaciones científicas. Además, la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación desempeñó un papel importante en la localización y recuperación de materiales de investigación de la vasta extensión del ciberespacio. Se tomaron artículos de bases de datos como Scopus, Dialnet, Latindex y Scielo, recopilando artículos de alto impacto en idioma español, inglés y portugués.

Como fórmula de búsqueda se empleó la frase: “Enseñanza de química en el covid-19” en varios idiomas. De esta búsqueda se obtuvo un número considerable de artículos científicos. Posterior a ello se llevó a cabo una depuración de las diversas publicaciones obtenidas, basada en la relevancia y correspondencia con los objetivos de investigación planteados. Como resultado de este proceso se seleccionaron 51 artículos teniendo como criterio de inclusión que fueran de revistas de impacto, en idioma inglés y español, en contexto de la química y el covid-19, se excluyeron los relativos a otras materias y fuera del tiempo de pandemia, los seleccionados sirvieron de referentes teóricos para la construcción del discurso escrito en esta investigación.

### 3. RESULTADOS

Durante la pandemia de covid-19, las estrategias pedagógicas para la enseñanza de la Química tuvieron que adaptarse a un entorno de aprendizaje en línea. Aquí se presentan algunas de las principales estrategias empleadas:

#### **Aula invertida**

De acuerdo con Huang (2020) el aprendizaje en línea y a distancia, fue de los más empleados, mediante las plataformas que se convirtieron en la norma, con profesores que utilizaban herramientas como Zoom, Google Classroom y Microsoft Teams para impartir lecciones y asignar tareas. La metodología del aula invertida es considerada por Aguirre y Selampinar (2020) como una técnica efectiva para la enseñanza en línea, que permite combinar clases sincrónicas y asincrónicas, y utilizar diversos materiales.

Sin embargo, esta técnica tiene desafíos en cuanto a compromiso e involucramiento por ambas partes, y requiere que el alumnado tenga proactividad y autodisciplina. De acuerdo con Almendros et al. (2021), la combinación de esta metodología con trabajo colaborativo genera mejores resultados de aprendizaje y mayor motivación en el alumnado, en comparación con una estrategia de aprendizaje tradicional, basada en una clase magistral con resolución de ejercicios.

Por otro lado, Giri y Dutta (2021) proponen usar el aula invertida empleando bibliotecas electrónicas, así como la creación de nuevas plataformas que permitan aumentar el acceso a los recursos educativos; estos autores sostienen que la biblioteca electrónica es una herramienta alternativa para poner a disposición de los alumnos diversos textos y elementos, ya que permite almacenar una gran cantidad de datos. Por su parte, Cornelis (2020) destaca que en tiempos de covid-19 la metodología de aula invertida brinda una clase interactiva con mayor flexibilidad para adaptar la experiencia de aprendizaje.

Zamora (2023); Ramo y Santos (2023); y Cavalcante (2023) en sus estudios coinciden en que el uso del aula invertida a través de la plataforma Google Classroom demostró ser muy exitoso para ellos, ya que les brindó resultados favorables. Esta plataforma les permitió organizar y planificar de manera efectiva diversas actividades,



escenarios académicos y modalidades con la máxima precisión. Facilitó la interacción entre docentes y estudiantes, permitiéndoles colaborar y trabajar juntos hacia el logro de sus objetivos.

Tigaa y Sonowane (2020) indican que existe una gran diversidad de herramientas digitales intuitivas y gratuitas, tales como YouTube, Skype y WhatsApp para comunicar las rúbricas de tareas; así como también WhatsApp, Facebook, Zoom y Skype para comunicarse con sus instructores. En cuanto a la percepción de los estudiantes sobre los recursos utilizados en las clases virtuales, Reyes et al. (2022) argumentan que la mayoría de los estudiantes cree que estos recursos han contribuido en gran medida a mejorar su comprensión de los temas tratados y han resuelto de manera efectiva sus dudas y consultas a través de la implementación de cuestionarios, videos instructivos, simuladores de procedimientos experimentales y discusiones orientadas a resultados.

Además, los documentos proporcionados han jugado un papel crucial en la clarificación de la información derivada de los libros de texto, ya que han sido hábilmente sintetizados para presentar solo el contenido más relevante y esencial. Según Oliveira et al. (2021), esta metodología particular es un modelo pedagógico que tiene el poder transformador de revolucionar ciertos procesos que normalmente están arraigados rígidamente en el entorno del aula tradicional. En otras palabras, tiene el potencial de generar cambios y mejoras significativos.

### **Modelo TPACK (Aprendizaje cooperativo, aula invertida y evaluación formativa)**

En la enseñanza de Química en el contexto del covid-19 de acuerdo con Becerril y Mendoza (2022) este modelo tuvo resultados óptimos, los docentes debieron asegurarse que los contenidos de la materia de Química fueran relevantes y adecuados para el contexto virtual, utilizando estrategias pedagógicas como el aprendizaje cooperativo mediante trabajos en equipo virtuales, el aula invertida y la evaluación formativa, e integrando herramientas tecnológicas de manera efectiva en la enseñanza.

### **Estrategia de aprendizaje DLPCA (Descubrir, Aprender, Practicar, Colaborar y Evaluar)**

La estrategia de aprendizaje mixto DLPCA está conformada por cinco fases, explican Lapitan et al. (2021) que en la fase de “Descubrir”, los estudiantes exploran los conceptos de la química a través de la investigación en línea y la búsqueda de información en diferentes fuentes, como libros de texto, artículos científicos, videos, entre otros. En la fase de “Aprender”, los estudiantes revisan y profundizan en los conceptos de la química a través de la lectura, la visualización de videos educativos y la participación en discusiones en línea con sus compañeros y profesores. En la fase de “Practicar”, los estudiantes pueden aplicar los conceptos a través de la realización de prácticas virtuales en línea o en el hogar, utilizando materiales y recursos disponibles en línea o que puedan tener en casa. En la fase de “Colaborar”, los estudiantes pueden trabajar en equipo en proyectos en línea, discutir problemas relacionados con la química y compartir soluciones y conocimientos. Finalmente, en la fase de “Evaluar”, los estudiantes pueden ser evaluados a través de diversas herramientas y técnicas, como pruebas en línea, evaluaciones formativas y retroalimentación de sus profesores.

Cevallos et al. (2019) destaca que la parte asíncrona de la enseñanza se logra mediante la difusión de videos de clases pregrabados en YouTube para permitir a los alumnos estudiar y progresar en el aprendizaje a su propio ritmo. La parte sincrónica se lleva a cabo mediante plataformas de videoconferencia, como Zoom o Google Meet.

La estrategia DLPCA se presenta y debate con los alumnos antes de su aplicación. Entre los principales resultados que se han obtenido con esta estrategia en Química afirman Lapitan et al. (2021) son: que facilita la transición del aprendizaje tradicional presencial a la enseñanza completamente en línea, tiene un impacto positivo en estudiantes e instructores, esto a partir del análisis de la experiencia de enseñanza y aprendizaje basado en tres indicadores: (i) la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, (ii) el rendimiento académico de los estudiantes y (iii) las observaciones de los instructores.

### Metodología de los tres momentos pedagógicos

Es una estrategia educativa que busca promover un aprendizaje significativo a través de tres momentos clave: la problematización inicial, la organización del conocimiento y la aplicación del conocimiento. Esta metodología de acuerdo con Delgado et al. (2021) ha sido empleada durante la época de covid-19 utilizando el simulador virtual PhET de la Universidad de Colorado, el cual es una herramienta interactiva que facilita la problematización inicial y la organización del conocimiento.

Esta metodología ha demostrado diversos beneficios en el contexto de la educación a distancia. En primer lugar, proporciona una experiencia interactiva y visualmente atractiva, lo que aumenta la motivación de los estudiantes y su interés por el aprendizaje. Esto se traduce en un mayor compromiso y participación de los estudiantes en las actividades propuestas.

Además, permite a los estudiantes explorar y experimentar con conceptos y fenómenos de manera virtual, lo que facilita la comprensión de los contenidos y promueve un aprendizaje activo. Los estudiantes pueden interactuar con los diferentes elementos del simulador, realizar experimentos virtuales y observar los resultados en tiempo real, lo que les brinda la oportunidad de construir su propio conocimiento de manera autónoma. Otro beneficio importante es la posibilidad de adaptar las actividades a las necesidades y ritmos de aprendizaje de cada estudiante. El simulador permite realizar ajustes y modificaciones en tiempo real, lo que facilita la personalización de la enseñanza y el acompañamiento individualizado de los estudiantes (Bravo, 2018).

Sin embargo, es importante tener en cuenta algunas limitaciones al emplear esta metodología durante la época de covid-19. En primer lugar, el acceso a dispositivos y conexión a internet puede ser un obstáculo para algunos estudiantes, lo que limita su participación en las actividades virtuales. Además, la falta de interacción presencial puede dificultar la comunicación y el trabajo colaborativo entre los estudiantes (Nascimento & Frasson, 2020).

### Microaprendizaje

La estrategia del microaprendizaje ha sido utilizada en la enseñanza de química durante la pandemia, especialmente en el contexto de clases virtuales. Esta estrategia implica la transmisión de clases en videos pregrabados cortos y precisos que se centran en técnicas y experimentos que normalmente se realizan en laboratorios. Los estudiantes tienen la oportunidad de revisar estos videos antes de las tutorías en directo.

Los resultados de estudios, como el realizado por Pilkington y Hanif (2021), han demostrado que esta opción de microaprendizaje es óptima en el contexto de la pandemia. Al reducir la duración de las clases en directo, los estudiantes tienen más flexibilidad para revisar las grabaciones de los videos las veces que les convenga. Esto les permite poner a prueba su capacidad de resolución de problemas y profundizar en los conceptos que habrían aprendido en el laboratorio.

Para Sanders et al. (2020) el uso de videos pregrabados en el microaprendizaje también ofrece la ventaja de que los estudiantes pueden acceder a ellos en cualquier momento y desde cualquier lugar, lo que facilita el aprendizaje autónomo y la adaptación a diferentes horarios y circunstancias individuales. Además, los videos pueden ser pausados, retrocedidos o adelantados según las necesidades de cada estudiante, lo que les brinda un mayor control sobre su propio proceso de aprendizaje.

Sin embargo, manifiestan Zamata et al. (2023) es importante tener en cuenta que el microaprendizaje no reemplaza por completo la experiencia práctica de un laboratorio real. Aunque los videos pueden proporcionar una introducción teórica y visual de los experimentos, la experiencia práctica y la interacción directa con los materiales y equipos del laboratorio son aspectos que no se pueden replicar completamente en un entorno virtual.

### **Laboratorios y prácticas experimentales virtuales**

Dekorver et al. (2020); Schweiker y Levonis (2020) coinciden en que los laboratorios virtuales son una solución para continuar con la parte práctica de la enseñanza de Química, mediante descripciones escritas con ayuda de fotos, demostraciones en videos pregrabados o en directo, simulaciones y laboratorios remotos 360. Estos autores destacan que el desarrollo de las TICs modernas crearon un sinfín de oportunidades para introducir a los alumnos en los aspectos prácticos.

De acuerdo con Babincakova y Bernard (2020) se han realizado estudios que comparan el rendimiento de los estudiantes en cursos de laboratorio presenciales y virtuales. La comprensión de los estudiantes fue similar tanto si la participación fue presencial o en línea, lo que implica que los laboratorios virtuales son beneficiosos. Además, ahorran tiempo, dinero, y reducen los residuos químicos.

Aidoo et al. (2022) sugieren emplear plataformas como Quimicaweb y Clickmika, las cuales brindan oportunidades dinámicas de nuevas experiencias para estudiantes y docentes. Nappa y Pandiella (2022) por su parte determinaron en su investigación que los estudiantes pudieron desarrollar, mediante el uso de plataformas virtuales, competencias científicas, capacidades cognitivas de orden superior, así como competencias digitales.

Los laboratorios y prácticas experimentales virtuales en química durante la pandemia ofrecen ventajas según Ru et al. (2020) como la accesibilidad, la seguridad, la repetición y retroalimentación, y la variedad de experimentos. Sin embargo, Castro et al. (2021) sostienen que también presentan limitaciones en términos de falta de experiencia práctica, interacción, recursos y adaptación de experimentos complejos. Largo et al. (2022) declaran que es importante considerar estas ventajas y limitaciones al utilizar laboratorios virtuales como complemento o alternativa a los laboratorios físicos.

En todo caso, el reemplazo de los laboratorios presenciales por virtuales solo se debe hacer después de una cuidadosa planificación y consideración, tanto de los objetivos de aprendizaje como del contexto (Kelley, 2021). Se deben buscar herramientas versátiles que permitan retroalimentar los contenidos tanto de forma sincrónica como asincrónica (Urquizo et al., 2022).

## Aprendizaje colaborativo

Van et al. (2020) sugieren que el aprendizaje colaborativo puede contribuir en la enseñanza virtual de la química, todo ello basado en los resultados de su investigación sobre la impartición de un módulo de aprendizaje a distancia, a través del cual se logró que estudiantes en diferentes zonas horarias, pudieran trabajar en colaboración, incluso aun cuando no podían participar en la instrucción sincrónica.

El aprendizaje colaborativo en la modalidad virtual durante la pandemia en la enseñanza de química ofrece ventajas como la interacción y participación, el desarrollo de habilidades sociales, la diversidad de perspectivas y la construcción conjunta del conocimiento. Sin embargo, también presenta limitaciones relacionadas con la comunicación, las diferencias de horarios y disponibilidad, la dependencia de la tecnología y la falta de interacción presencial. Es importante tener en cuenta estas ventajas y limitaciones al implementar el aprendizaje colaborativo en un entorno virtual.

## Gamificación

Para Tauber et al. (2022); Nieto y Roldán (2021) la gamificación es un enfoque creativo y eficaz para la enseñanza que es agradable para los estudiantes. Al incorporar elementos de juego, anima a los estudiantes a estar motivados y comprometidos con su aprendizaje. Durante la pandemia de COVID-19, el uso de juegos para enseñar química ha demostrado ser un gran éxito para garantizar que los estudiantes comprendan conceptos importantes y desarrollen habilidades, en comparación con los métodos tradicionales de aprendizaje de química.

Angulo (2022) recomienda la gamificación con la plataforma Classcraft, puesto que esta promueve la motivación, compromiso, responsabilidad, diversión y aprovechamiento académico. Por otro lado, Fontana (2020) señala que los juegos en línea de ChemDraw permiten mejorar el bienestar de la comunidad estudiantil, mientras enseña valiosas habilidades de química orgánica. Para Marques (2022) las metodologías de juegos en tiempos de pandemia brindaron múltiples beneficios entre ellos: mejora la satisfacción, interacción, compromiso y autodisciplina.

## Aprendizaje basado en problemas y en proyectos

Estudios realizados sobre este aspecto determinan que durante la pandemia de covid-19, el uso del aprendizaje basado en problemas en la educación Química ha demostrado ser muy beneficioso. Al incorporar herramientas virtuales, los estudiantes han podido participar en experimentos que se parecen mucho a los escenarios de la vida real. Este enfoque les ha permitido aplicar con eficacia los conceptos teóricos que han aprendido en conferencias y prácticas, lo que los ha llevado a una comprensión más profunda y resultados de aprendizaje significativos (Arroba & Sacurio, 2021).

En concomitancia, Rusmini et al. (2021) afirman que durante la pandemia del covid-19, el aprendizaje basado en proyectos surgió como una alternativa viable para estudiar Química. Este enfoque no solo facilitó el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y creativo, sino que también presentó una oportunidad para adaptarse al nuevo entorno de aprendizaje. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la ejecución exitosa del aprendizaje basado en proyectos en este contexto requiere la promoción del trabajo en grupo, el fomento de colaboraciones en línea y la organización de reuniones de grupos pequeños para garantizar resultados de aprendizaje efectivos.

Entre las principales ventajas de las medidas y estrategias empleadas en la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19:

Rodríguez et al. (2022) destacan que el aula invertida influye en la motivación de los estudiantes, mejora el compromiso activo y la participación en clase, y mejora el rendimiento académico. Los formadores de docentes percibieron que el enfoque ayudó a los estudiantes a tomar un papel activo en su aprendizaje y mejorar su participación, que mejoró el rendimiento académico y notaron que su carga de trabajo se redujo y tuvieron más tiempo para interactuar con los estudiantes.

Para Cabrera et al. (2021) mantener los laboratorios experimentales en línea es esencial, ya que proporciona una experiencia innovadora en el proceso de enseñanza/aprendizaje, en tiempos de la pandemia del covid-19, los alumnos se interesan más por la materia. Mejora las habilidades científicas y creativas, fomentando la iniciativa, puede emplearse de forma individual o grupal (Quelal & Quisaguano, 2022).

En una síntesis general de todos los artículos revisados se citan los siguientes beneficios que resultaron de la aplicación de estas estrategias en la enseñanza de Química en la pandemia:

- Flexibilidad en el diseño de los materiales didácticos y metodologías de enseñanza: En la enseñanza de Química en línea y a distancia, los educadores han tenido que adaptar sus métodos y materiales de enseñanza para satisfacer las necesidades de los estudiantes en diferentes entornos de aprendizaje. Esto ha permitido la creación de materiales didácticos y estrategias de enseñanza más flexibles, que han sido adaptados a las necesidades y circunstancias individuales de los estudiantes.
- Aprovechamiento de tecnologías interactivas e innovadoras: La enseñanza de Química en línea ha permitido el uso de tecnologías innovadoras e interactivas para la enseñanza, como la videoconferencia, plataformas en línea y herramientas de video para experimentos y demostraciones virtuales. Estas herramientas han mejorado la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, permitiéndoles interactuar con los materiales de enseñanza de manera más efectiva.
- Fomento del aprendizaje autónomo y la colaboración remota: La enseñanza de Química en línea ha fomentado el aprendizaje autónomo y la colaboración remota, permitiendo a los estudiantes trabajar de manera independiente y colaborar con sus compañeros a través de comunidades en línea y foros de discusión. Esto ha mejorado la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo y ha fomentado la creatividad y el pensamiento crítico.
- Aceleración del ritmo de aprendizaje y una mayor productividad en el aula: La enseñanza de Química en línea ha acelerado el ritmo de aprendizaje y ha mejorado la productividad en el aula, debido al uso de herramientas digitales que permiten a los estudiantes trabajar a su propio ritmo y revisar las lecciones anteriores cuando sea necesario. Esto ha permitido a los estudiantes avanzar en el material de enseñanza a su propio ritmo y ha mejorado la retención de información.
- Innovación y versatilidad en la evaluación del aprendizaje: La enseñanza de Química en línea ha permitido la implementación de técnicas de evaluación y retroalimentación adaptativas para los estudiantes. Esto ha mejorado la calidad de la evaluación y ha permitido una mayor versatilidad en la forma en que se evalúa el aprendizaje, incluyendo la evaluación en línea, la autoevaluación y la evaluación entre compañeros.

Aportan Tuárez y Loor (2021) que, durante la pandemia, las principales plataformas utilizadas para enseñar química fueron Zoom, Google Meets, Google Classroom, YouTube, Quizizz y la aplicación de mensajería móvil

WhatsApp. Si bien estas plataformas permitieron interacciones entre estudiantes, es lamentable que ninguna de ellas ofreciera los recursos necesarios para replicar completamente la experiencia práctica de un laboratorio de química.

De acuerdo con la investigación de Okebukola et al. (2020) en países de África existieron diferentes dificultades en la enseñanza de Química, limitándose a programas de radio y televisión en los canales apoyados por el gobierno, se exploraron las plataformas de redes sociales, en particular WhatsApp, YouTube y Facebook, para ofrecer contenido de química, sin embargo, los problemas de electricidad y conectividad propiciaron los atrasos educativos, sobre todo en los enfoques prácticos que fueron casi nulos. En conjunto con la escasa motivación de los docentes inducida por los salarios bajos e irregulares, estos desafíos deprimen la enseñanza de química de calidad durante el período de covid-19.

A modo de resumen, la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19 presenta varias limitaciones y desventajas, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Falta de interacción personal: La enseñanza a distancia reduce la interacción personal entre el profesor y los estudiantes, lo que puede disminuir la motivación y el interés de los estudiantes en el aprendizaje.
- Acceso limitado a equipos y materiales de laboratorio: El aprendizaje de la Química requiere la realización de experimentos prácticos en el laboratorio, lo que no es posible en todos los casos debido a las restricciones de movilidad y la falta de acceso a los equipos y materiales necesarios.
- Dificultades en la evaluación: Evaluar el aprendizaje de los estudiantes en un entorno virtual puede ser complicado, especialmente en el caso de la evaluación de habilidades prácticas en la Química.
- Falta de claridad en los conceptos: La enseñanza a distancia puede no ser tan efectiva como la enseñanza presencial en la comprensión de conceptos complejos.
- Interrupción del ritmo de enseñanza: La pandemia puede haber interrumpido el ritmo de enseñanza de la Química, lo que puede haber llevado a retrasos en la finalización de los planes de estudio.
- Deficientes habilidades digitales docentes; Lynn et al. (2020) señalan que muchos instructores en línea carecen de las habilidades digitales y pedagógicas de aprendizaje electrónico necesarias para impartir clases durante la enseñanza remota de emergencia.

#### 4. DISCUSIÓN

En el contexto de la pandemia global causada por el COVID-19, la educación ha experimentado transformaciones significativas en su dinámica y enfoque. La enseñanza de la Química no ha sido una excepción a estos cambios. Por lo tanto, se ha elaborado este artículo con el propósito de analizar los desafíos primordiales y las medidas adoptadas en la enseñanza de la Química para abordar las necesidades educativas durante estos tiempos de crisis sanitaria.

Entre las principales medidas y estrategias adoptadas para la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19 se encontraron: el aula invertida, aprendizaje cooperativo, modelo TPACK, estrategia de aprendizaje DLPCA, microaprendizaje, metodología de los tres momentos pedagógicos, laboratorios y prácticas experimentales virtuales, gamificación, aprendizaje basado en problemas y proyectos.

Coinciden, Oliveira et al. (2021) que se han implementado cambios en la metodología y en la forma de impartir clases, principalmente a través de la educación en línea. El uso de plataformas digitales y herramientas tecnológicas se ha convertido en una alternativa fundamental para mantener la continuidad del aprendizaje.

Un objetivo de este estudio fue reconocer las ventajas de las medidas y estrategias empleadas en la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19; entre las cuales se identificaron flexibilidad, tecnologías interactivas, fomento de la autonomía, colaboración, innovación, versatilidad y mayor productividad.

En consonancia con Espitia et al. (2022), se resaltaron varias ventajas, entre las que se incluyen la flexibilidad y la accesibilidad a los contenidos, ya que los estudiantes pueden acceder a las clases en cualquier momento y desde cualquier lugar. Además, esta modalidad de educación en línea también fomenta la autonomía en el aprendizaje y promueve una mayor cercanía con el profesor.

Sin embargo, en este estudio también se describe las limitaciones en la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19, donde se menciona la falta de interacción directa entre el profesor y el alumno, lo que puede dificultar la comprensión de algunos contenidos y generar dudas en los estudiantes. Rodrigues et al. (2022) señalan entre las desventajas que no todos los estudiantes tienen acceso a una conexión a internet estable o a dispositivos adecuados para el aprendizaje en línea, lo que limita la igualdad de oportunidades.

Por último, se revisan las principales recomendaciones para la enseñanza de Química en línea. Entre ellas destacan la necesidad de adaptarse a la situación actual, establecer una dinámica de trabajo colaborativo, fomentar la participación de los estudiantes y utilizar herramientas interactivas y dinámicas para el aprendizaje.

Sostienen diversas investigaciones de Largo et al. (2022) y Sunasee (2020) que la pandemia covid-19 ha obligado a la educación a adaptarse a nuevas formas de impartir los conocimientos, y la enseñanza de la Química también ha debido innovar, sin embargo, aún es necesario formación a los educadores e inversión en infraestructura tecnológica que contribuya a disminuir las desigualdades sociales que no permiten la inclusión educativa e igualdad de condiciones para la enseñanza-aprendizaje.

Por otro lado, Corrales (2022) sugiere mantener modelos bimodales que empleen metodologías presenciales en grupos pequeños y a distancia, para poder desarrollar habilidades manuales que se logran casi exclusivamente de forma presencial; así mismo Hernández et al. (2022) sostienen que la práctica vivencial en un laboratorio es única e irreplicable.

Para Santos et al. (2022) los docentes deben adquirir nuevas habilidades para emplear esta metodología; mejorar la distribución equitativa de recursos provenientes del estado para mejorar en cuanto infraestructura, conectividad y formación digital fueron necesidades evidenciadas en el marco educativo latinoamericano en el contexto del covid-19. También recalcan Wijanayaka y Iqbal (2021) que es fundamental desarrollar aplicaciones o programas que sean compatibles con los dispositivos móviles, dado que un gran número preferiría utilizar los recursos de dichas plataformas.

Finalmente, la pandemia mostró que enseñar asignaturas teórico-prácticas sin estar presentes en un laboratorio se puede lograr siempre y cuando se cuente con herramientas digitales, software, internet y recursos en casa para realizar experimentos. Adicionalmente, los estudiantes y los profesores deben participar activamente porque la exigencia y el reto es mayor, pero si se trabaja con esfuerzo y en equipo, se puede lograr un aprendizaje significativo.

Este análisis es fundamental para comprender la importancia de adoptar nuevas estrategias para garantizar la continuidad del aprendizaje en situaciones de crisis, por ello se sugieren futuras líneas de investigación en cuanto a plataformas digitales para Química, así como estrategias efectivas que han sido empleadas en otras áreas en tiempos de pandemia y por último propuestas metodológicas innovadoras para situaciones de emergencias en países desarrollados y en vías de desarrollo, estos temas en conjunto podrían contribuir a contar con planes de contingencia en situaciones adversas como pandemias u otras en la educación.

## 5. CONCLUSIONES

La pandemia de COVID-19 ha presentado importantes desafíos para la enseñanza de Química en todo el mundo. Entre los principales desafíos se encontraron: la imposibilidad de realizar prácticas de laboratorio presenciales, la transición de la enseñanza presencial a la enseñanza en línea ha requerido un importante esfuerzo por parte de los educadores para adaptar los materiales didácticos y las metodologías de enseñanza a la nueva realidad; la falta de acceso a la tecnología y la conectividad.

En conclusión, la pandemia covid-19 ha generado importantes desafíos para la enseñanza de Química, pero también ha incentivado la adopción de medidas y estrategias innovadoras para responder a las necesidades educativas. Es necesario reconocer las ventajas y limitaciones de estos nuevos enfoques para seguir mejorando la calidad de la educación en el futuro.

A partir de la identificación de las principales medidas y estrategias adoptadas para la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19, se puede destacar la flexibilidad y accesibilidad que han facilitado el aprendizaje de los estudiantes en distintos entornos y horarios. Además, la incorporación de tecnologías multimedia y de colaboración virtual ha potenciado la interacción y el trabajo en equipo.

A pesar de las ventajas mencionadas, también se han evidenciado limitaciones significativas en la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia covid-19, como la falta de acceso y conectividad a internet en algunos estudiantes, la complejidad de organizar y supervisar evaluaciones virtuales, y la disminución de la interacción cara a cara entre estudiantes y docentes.

Se sugieren futuras líneas de investigación relacionadas a la temática como: el impacto en la formación de habilidades prácticas, como la manipulación de sustancias químicas, la realización de experimentos y la interpretación de resultados. Analizar qué estrategias se pueden implementar para promover el desarrollo de estas habilidades en un entorno virtual. Así también una evaluación de la equidad y accesibilidad, es decir, investigar cómo la enseñanza de Química en el contexto de la pandemia ha afectado la equidad y la accesibilidad educativa. Reconocer las barreras y desafíos que enfrentan los estudiantes con diferentes niveles de acceso a la tecnología y cómo se pueden abordar para garantizar una educación equitativa.

### **Conflicto de intereses / Competing interests:**

Los autores declaran que el presente proyecto no presenta conflicto de intereses.

### **Rol de los autores / Authors Roles:**

Vinicio Salinas: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software, supervisión, validación, visualización, administración del proyecto, escritura-preparación del borrador original, escritura – revisión y edición.

Jean Pérez: Conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, administración del proyecto, escritura - revisión y edición.

#### Aspectos éticos/legales:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

#### Fuentes de financiamiento / Funding:

Las fuentes de financiación que dieron lugar a la investigación son de carácter personal, motivación profesional y académico de titulación.

## REFERENCIAS

- Aguirre, D., & Selampinar, F. (2020). Teaching Chemistry in the Time of COVID-19: Memories and the Classroom. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2909-2912. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00742>
- Aidoo, B., Macdonald, M., Vesterinen, V., Petursdottir, S., & Gisladdottir, B. (2022). Transforming Teaching with ICT Using the Flipped Classroom Approach: Dealing with COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 6(421), 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci12060421>
- Almendros, P., Montoya, M., & Lerchundi, I. (2021). Aula invertida y trabajo colaborativo en Química. *Educación química*, 32(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78412>
- Angulo, V. (2022). Gamificación, educación media superior y covid-19: una intervención a la asignatura de Química I. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 22(2), 335-359. <https://doi.org/https://doi.org/10.30827/eticanet.v22i2.23692>
- Arroba, M., & Sacurio, S. (2021). Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química orgánica, para el bachillerato ecuatoriano. *Revista Científica UISRAEL*, 8(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.456>
- Babincakova, M., & Bernard, P. (2020). Online Experimentation during COVID-19 Secondary School Closures: Teaching Methods and Student Perceptions. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3295-3300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00748>
- Becerril, F., & Mendoza, B. (2022). TPACK: innovación en la enseñanza de química durante la pandemia covid-19 en alumnado de bachillerato. *Apertura*, 14(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/ap.v14n1.2147>
- Bernal, C. (2014). *Metodología de la investigación, administración, economía, humanidades*. Pearson. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0061.pdf>
- Bravo, M. (2018). Estrategias pedagógicas innovadoras para la motivación de estudiante. *Revista de Innovación Educativa*, 12(24), 29-46.
- Cabrera, F., Mato, M., García, E., Rodríguez, D., Medina, M., & Caballero, J. (2021). Adaptación de la actividad experimental en tiempos de pandemia COVID-19: el laboratorio en casa versus laboratorio docente. En *VIII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC*, (pp. 135-142). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/113215>



- Castro, J., Bedoya, K., & Pino, A. (2021). La simulación como aporte para la enseñanza y el aprendizaje en épocas de Covid-19. *AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería*, 8(1), 315-324. <https://doi.org/https://doi.org/10.15649/2346030X.2475>
- Cavalcante, A. (2023). Emergency remote teaching in the Covid-19 Pandemic Context: Reports of a challenging and successful experience in an Undergraduate Chemistry class at IFRN. *Research, Society and Development*, 10(5), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14670>
- Cevallos, J., Lucas, X., Paredes, J., & Tomalá, J. (2019). Beneficios del uso de herramientas tecnológicas en el aula para generar motivación en los estudiantes. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, 7(2), 86-93. <https://doi.org/10.26423/rcpi.v7i2.304>
- Cornelis, H. (2020). El aula invertida en tiempos del COVID-19. *Revista UNAM Educación Química*, 31(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.5.77288>
- Corrales, Y. (2022). Percepción del profesorado de química de la transición al modelo de enseñanza en línea, durante la emergencia mundial debida al COVID-19 en 2020-2021. *Revista Educación*, 46(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v46i2.47807>
- DeKorver, B., Chaney, A., & Herrington, D. (2020). Strategies for Teaching Chemistry Online: A Content Analysis of a Chemistry Instruction Online Learning Community during the Time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2825-2833. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00783>
- Delgado, N., Kiauzowa, M., & Escobar, A. (2021). Simulador virtual PhET para aprender Química en época de COVID-19. *Revista Dilemas Contemporáneos*, 8(3), 1-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2641>
- Dietrich, N., Kentheswaran, K., Ahmadi, A., Teychené, J., Bessiére, Y., Alfenore, S., Laborie, S., Bastoul, D., Loubiere, K., Guigui, C., Sperandio, M., Barna, L., Etienne, P., & Hebrard, G. (2020). Attempts, Successes, and Failures of Distance Learning in the Time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2448-2457. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00717>
- Espitia, Y., Monsalve, S., Vera, S., Conde, N., & Rodríguez, A. (2022). *Estrategias para la enseñanza-aprendizaje de las prácticas de laboratorio de química e ingeniería química durante la pandemia por Covid-19*. *Revolución Educativa en la Nueva Era*, 1-2, 843-857. <https://cutt.ly/nwQxVZnE>
- Fontana, M. (2020). Gamification of ChemDraw during the COVID-19 Pandemic: Investigating How a Serious, Educational-Game Tournament (Molecule Madness) Impacts Student Wellness and Organic Chemistry Skills while Distance Learning. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3358-3368. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00722>
- García, A. (2021). Construyendo escuelas resilientes: La educación flexible, la integración y la COVID-19. *Revista Española de Educación Comparada* (38), 211-227. <https://doi.org/10.5944/reec.38.2021.28840>
- Giri, S., & Dutta, P. (2021). Identifying Challenges and Opportunities in Teaching Chemistry Online in India amid COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 694-699. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00720>
- Hensen, C., & Barbera, J. (2019). Assessing Affective Differences between a Virtual General Chemistry Experiment and a Similar Hands-On Experiment. *Journal the Chemical Education*, 96(10), 2097-2108. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00561>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Hernández, R., Villalobos, M., Villalobos, W., & Mora, J. (2022). Evaluación de la implementación de enseñanza remota de emergencia durante el contexto COVID-19; un caso de estudio en asignaturas de laboratorio de química en una institución de educación superior. *Tecnología en Marcha*, 35(1), 272-285. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8438484>
- Huang, J. (2020). Successes and Challenges: Online Teaching and Learning of Chemistry in Higher Education in China in the Time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2810-2814. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00671>
- Kelley, E. (2021). LAB theory, HLAB pedagogy, and review of laboratory learning in chemistry during the COVID-19 pandemic. *Journal of Chemical Education*, 98(8), 2496-2517. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00457>
- Lapitan, L., Tiangco, C., Sumalinog, D., Sabarillo, N., & Díaz, J. (2021). An effective blended online teaching and learning strategy during the COVID-19 pandemic. *Education for Chemical Engineers*, 35, 116-131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.012>
- Largo, W., Zuluaga, J., López, M., & Grajales, Y. (2022). Enseñanza de la química mediada por TIC: un cambio de paradigma en una educación en emergencia. *Revista Interamericana De Investigación Educación Y Pedagogía RIIEP*, 15(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.15332/25005421.6527>
- Lynn, M., Templeton, D., Ross, A., Gehret, A., Bida, M., Sanger, T., & Pagano, T. (2020). Successes and Challenges in Teaching Chemistry to Deaf and Hard-of-Hearing Students in the Time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3322-3326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00602>
- Marques, C. (2022). Board-Game-Based Online Methodology Improves Student Learning and Sense of Well-Being during the COVID-19 Pandemic. *Journal of Chemical Education*, 99(6), 2310-2316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00007>
- Nappa, N., & Pandiella, S. (2022). El desafío de los prácticos de laboratorio en la formación docente en tiempos de pandemia. *Educación En La Química*, 28(1), 42-51. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/35>
- Nascimento, V., & Frasson, P. (2020). Las contribuciones de la metodología de los tres momentos pedagógicos en la enseñanza. *Atos de Pesquisa em Educação*, 15(1), 143-162. <https://doi.org/10.7867/1809-0354.2020v15n1p143-162>
- Nieto, F., & Roldán, M. (2021). Gamification as online teaching strategy during COVID-19: A mini-review. *Frontiers in Psychology*, 12, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.648552>
- Okebukola, P., Suwadu, B., Oladejo, A., Nyandwi, R., Ademola, I., Okorie, H., & Awaah, F. (2020). Delivering High School Chemistry During COVID-19 Lockdown: Voices from Africa. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3285-3289. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00725>
- Oliveira, A., Brasil, V., & Maciel, D. (2021). Los retos de la enseñanza de Química en la pandemia de COVID-19: la metodología flipped classroom adaptada para el modo virtual en Brasil. *Educación química*, 32(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78169>

- Pilkington, L., & Hanif, M. (2021). An account of strategies and innovations for teaching chemistry during the COVID-19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 49(3), 320-322. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bmb.21511>
- Quelal, N., & Quisaguano, Y. (2022). Nuevas herramientas y recursos para la enseñanza de la química: experiencias exitosas y desafíos. *Dominio de las ciencias*, 8(3), 305-318. <https://doi.org/https://doi.org/10.23857/dc.v8i3.2810>
- Ramírez, S. (2020). Transformación digital e innovación educativa en Latinoamérica en el marco del Covid-19. *Campus virtuales*, 9(2), 123-139. <http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/744/418>
- Ramo, L., & Santos, S. (2023). Percepción de estudiantes y docentes cuanto a la enseñanza de Química frente a la pandemia covid-19. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 12(4), 1-26. <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n4a34>
- Reyes, F., Ruíz, B., Llano, M., Lechuga, P., & Mena, M. (2022). Percepción de los alumnos de química sobre el cambio de modalidad educativa en la pandemia por COVID-19. *Educación química*, 32(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78240>
- Rodrigues, I., Cardoso, A., & Fonseca, R. (2022). Use of experimental activities as a chemistry teaching strategy during the Covid-19 pandemic in Redenção do Gurgueia, Piauí, Brazil. *Research, Society and Development*, 11(16). <https://doi.org/https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37987>
- Ru, H., Heng, W., Chonardo, C., Tao, M., & Man, F. (2020). How Chemists Achieve Active Learning Online During the COVID-19 Pandemic: Using the Community of Inquiry (CoI) Framework to Support Remote Teaching. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2512-2518. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00541>
- Rusmini, R., Suyono, S., & Agustini, R. (2021). Analysis of science process skills of chemical education students through self project based learning (SjBL) in the pandemic COVID 19 era. *JOTSE*, 11(2), 371-387. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8302401>
- Sánchez, M., Fernández, M., & Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1), 107-121. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Sanders, S., Gaines, M., Van, M., Jackson, K., Barret, C., Camp, D., De Leon, M., Hibbard, L., & Rodriguez, A. (2020). Unleashing Our Chemistry Superpowers: Promoting Student Success and Well-Being at a Black Women's College during COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3369-3373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00728>
- Santos, L., Silva, J., Santos, L., & Oliveira, M. (2022). Um Ensino de Química durante a Pandemia da COVID-19. *Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, 4, 274-281. <https://reben.emnuvens.com.br/revista/article/view/63>
- Schweiker, S., & Levonis, S. (2020). Insights Gained While Teaching First Semester Chemistry in the Time of COVID-19 at Bond University in Australia. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2863-2865. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00621>

- Soares, R., Mello, M., Da Silva, C., Machado, W., & Arbilla, G. (2020). Online Chemistry Education Challenges for Rio de Janeiro Students during the COVID-19 Pandemic. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3396-3399. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00775>
- Sunasee, R. (2020). Challenges of Teaching Organic Chemistry during COVID-19 Pandemic at a Primarily Undergraduate Institution. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3176-3181. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00542>
- Tauber, A., Levonis, S., & Schweiker, S. (2022). Gamified Virtual Laboratory Experience for In-Person and Distance Students. *Journal of Chemical Education*, 99(3), 1183-1189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00642>
- Tigaa, R., & Sonawane, S. (2020). An International Perspective: Teaching Chemistry and Engaging Students During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3318-3321. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00554>
- Tuárez, M., & Loor, I. (2021). Herramientas digitales para la enseñanza creativa de química en el aprendizaje significativo de los estudiantes. *Dominio de las ciencias*, 7(6), 1048-4063. <https://doi.org/https://doi.org/10.23857/dc.v7i6.2380>
- Urquiza, E., Sánchez, N., & Orrego, M. (2022). Experimental activities using virtual simulators to learn chemistry during covid-19 pandemic. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(17). <https://doi.org/https://doi.org/10.37135/chk.002.17.08>
- Van, K., Daub, W., & Van, H. (2020). Emergency Remote Instruction during the COVID-19 Pandemic Reshapes Collaborative Learning in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2884-2888. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00691>
- Wijenayaka, L., & Iqbal, S. (2021). Going virtual with practical chemistry amidst the COVID-19 pandemic lockdown: significance, constraints and implications for future. *Asian Association of Open Universities Journal*, 16(3), 255-270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/AAOUJ-09-2021-0102>
- Zamata, H., Choquehuanca, W., Machaca, E., Salas, A., & Bernedo, V. (2023). Towards the development of learning through microlearning. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 7(1), 3939-3954. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4711](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4711)
- Zamora, H. (2023). Aula invertida una alternativa para fortalecer el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Química en una plataforma educativa. *Memorias del Festival Nacional de Academias CECyTEs 2022 Durango*, 9(10), 34-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.38128/cienciayfilosofa.v9i10.53>

